

UNIVERZITET U BEOGRADU  
FILOZOFSKI FAKULTET

Marko Ž. Živanović

**EFEKTI TRANSKRANIJALNE  
NEUROMODULACIJE FRONTO-  
PARIJETALNE FUNKCIONALNE MREŽE  
NA VIŠE KOGNITIVNE FUNKCIJE**

doktorska disertacija

Beograd, 2019

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF PHILOSOPHY

Marko Ž. Živanović

**THE EFFECTS OF TRANSCRANIAL  
NEUROMODULATION OF FRONTO-  
PARIETAL FUNCTIONAL NETWORK ON  
HIGHER COGNITIVE FUNCTIONS**

doctoral dissertation

Belgrade, 2019

Mentor:

dr Goran Opačić, vanredni profesor

Univerzitet u Beogradu, Filozofski fakultet, Odeljenje za psihologiju

Komentor:

dr Saša Filipović, načni savetnik

Univerzitet u Beogradu, Institut za medicinska istraživanja

Članovi komisije:

dr Goran Knežević, redovni profesor

Univerzitet u Beogradu, Filozofski fakultet, Odeljenje za psihologiju

dr Lazar Tenjović, docent

Univerzitet u Beogradu, Filozofski fakultet, Odeljenje za psihologiju

dr Danka Purić, docent

Univerzitet u Beogradu, Filozofski fakultet, Odeljenje za psihologiju

Datum odbrane:

*Najveću zahvalnost dugujem zainteresovanim i posvećenim pojedincima koji su izdvojili značajno vreme kako bi učestvovali u ovom istraživanju i bez čijeg poverenja i odgovornosti sprovođenje eksperimentalnog dela studije ne bi bilo moguće. Takođe, veliku zahvalnost dugujem i studentima psihologije bez čijeg savesnog učešća u istraživanju, testovi korišćeni u ovom radu ne bi mogli biti konstruisani.*

*Posebnu zahvalnost dugujem mentoru Goranu Opačiću i komentoru Saši Filipoviću za slobodu i punu podršku u svim aspektima rada na ovoj studiji. Takođe, veoma sam zahvalan članovima komisije Goranu Kneževiću, Lazaru Tenjoviću i Danki Purić na kritičkom sagledavanju rada i korisnim sugestijama, kao i Lazaru Stankovu na idejama i smernicama za dalji rad.*

*Naposletku, zahvalnost dugujem koleginicama i kolegama Kaji Damnjanović, Dušici Filipović Đurđević, Oliveru Toškoviću i Iris Žeželj koji su mi pomogli prilikom regrutacije ispitanika, kao i Jovani Bjekić, Mariji Čolić, Urošu Konstantinoviću, Slađanu Milanoviću, Dunji Paunović, Maši Vukčević Marković i Katarini Vulić za značajnu pomoć pri različitim aspektima organizacije i tehničkog sprovođenja ove studije.*

## **Efekti transkranijalne neuromodulacije fronto-parijetalne funkcionalne mreže na više kognitivne funkcije**

Inteligencija i egzekutivne funkcije predstavljaju ključne koncepte individualnih razlika u kognitivnom funkcionisanju. Psihometrijske relacije između ovih konstrukata višestruko su dokumentovane u postojećoj empirijskoj građi koja ukazuje na diferencijalno učešće različitih izvršnih funkcija u kogniciji višeg reda, pri čemu se kapacitet radne memorije/egzekutivna funkcija ažuriranja izdvaja kao najbolji prediktor različitih kognitivnih sposobnosti. Poslednjih godina sve veća pažnja neuronauka usmerena je na otkrivanje neuralnih supstrata individualnih razlika u egzekutivnim funkcijama i kognitivnim sposobnostima. Nalazi ovih studija ukazuju na to da celokupna viša kognicija počiva na široko distribuiranoj neuralnoj mreži prefrontalnih i parijetalnih oblasti velikog mozga, te se psihometrijske relacije između kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija objašnjavaju njihovim deljenim neuralnim osnovama. Za razliku od neuroimaging studija koje su korelacionog karaktera i studija koje izučavaju bihevioralne posledice moždanih lezija, studije neinvazivne neuromodulacije, budući da omogućavaju modulaciju aktivnosti kortikalnih zona zdravog mozga u kontrolisanim uslovima, imaju potencijal da putem eksperimentalne manipulacije, modulacijom definisanih lokusa, budu osnova za izvođenje kauzalnih zaključaka o neuralnim osnovama, ulozi i diferencijalnom značaju moždanih regija u višoj kogniciji. Jedna od takvih tehnika je transkranijalna neuromodulacija jednosmernom strujom (tDCS) putem koje se, kroz aplikaciju slabe električne struje između dve (ili više) površinski postavljenih elektroda različitog polariteta (anoda i katoda), direktnim putem utiče na kortikalnu ekscitabilnost ispod lokusa aplikacije.

Cilj ovog rada je provera mogućnosti neuromodulacije viših kognitivnih funkcija primenom anodne tDCS ključnih čvorišta fronto-parijetalne funkcionalne mreže – dorzolateralnog prefrontalnog korteksa (DLPFC) i posteriornog parijetalnog korteksa (PPC). Dodatno, u okviru ove studije razmotrena je lateralizacija i doprinos anteriornih i posteriornih moždanih lokusa u višoj kogniciji, globalnost odnosno specifičnost efekata neuromodulacije, kao i učešće izvršnih funkcija kognicije u višim kognitivnim procesima. Studija je sprovedena u tri faze.

U okviru prve faze konstruisani su testovni markeri četiri široka faktora kognitivnih sposobnosti – fluidne inteligencije (*Gf*), kristalizovane inteligencije (*Gc*),

faktora vizuelnog procesiranja ( $G_v$ ), i faktora kognitivne brzine ( $G_s$ ), u skladu sa njihovim konceptualizacijama u okviru Katel-Horn-Kerolovog (CHC) modela ljudskog intelekta, kao i zadaci egzekutivnih funkcija ažuriranja, inhibicije i premeštanja po ugledu na postojeće operacionalizacije trofaktorskog modela Mijakija i saradnika. Sve kognitivne sposobnosti / funkcije operacionalizovane su korišćenjem dva testa, od kojih je polovina konstruisana u verbalnom, a druga polovina u neverbalnom modalitetu. U okviru ove faze istraživanja, na uzorku od 106 ispitanika pribavljeni su podaci o težini i psihometrijskom kvalitetu konstruisanih testova, te su od početnih setova ajtema konstruisane četiri paralelne forme svakog od testova.

U drugoj fazi, na uzorku od 219 ispitanika izvršena je psihometrijska provera i evaluacija konstruisanih testova kognitivnih sposobnosti i zadataka egzekutivnih funkcija, kao i njihova validacija spram potvrđenih testovnih markera viših kognitivnih sposobnosti. Takođe, u okviru ove faze proverene su psihometrijske relacije između kognitivnih sposobnosti, sa jedne, i egzekutivnih funkcija, sa druge strane. Dodatno, na poduzorku ispitanika proverena je paralelnost testova sposobnosti. Svi testovi pokazali su prihvatljiv nivo paralelnosti, psihometrijskog kvaliteta i validnosti. Testovi kognitivnih sposobnosti pokazali su adekvatnu podesnost CHC modelu, dok su zadaci egzekutivnih funkcija demonstrirali latentnu strukturu koja odgovara trofaktorskom modelu egzekutivnih funkcija. Iako su markeri ažuriranja pokazali najveći broj relacija sa testovima sposobnosti, psihometrijske relacije između latentnih faktora kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija ukazali su da egzekutivni procesi u različitoj meri učestvuju u različitim faktorima sposobnosti pri čemu je egzekutivna podrška kognitivnim sposobnostima najveća za  $G_s$  i  $G_v$ , a praktično nepostojeća u slučaju  $G_c$ .

U finalnoj, eksperimentalnoj fazi učestvovao je dobrovoljački uzorak od 42 zdrava, desnoruka ispitanika koji su podeljeni u grupu kojoj su stimulisani lokusi leve i grupu kojoj su stimulisani lokusi desne hemisfere. Primenjen je ponovljeni eksperimentalni dizajn sa četiri kontrabalansirane situacije: stimulacija F3 / F4, stimulacija P3 / P4, simultana bi-lokusna stimulacija F3 i P3 / F4 i P4, i lažna stimulacija. Referentna/povratna elektroda je u svim eksperimentalnim situacijama pozicionirana na kontralateralni obraz. U okviru svake sesije, nakon 20 minuta tDCS-a (1.8 mA) ili lažne stimulacije, ispitanici su rešavali paralelne forme testovnih markera  $G_f$ ,  $G_c$ ,  $G_v$  i  $G_s$ , i zadatke ažuriranja, inhibicije, i premeštanja čiji je redosled bio kontrabalansiran kroz tretmane i ispitanike.

Rezultati su pokazali da je primenom mono-lokusnih stimulacija moguće modulirati kognitivne funkcije, dok se bi-lokusna stimulacija, u celini, pokazala neučinkovitom. Efekti neuromodulacije na egzekutivne funkcije kao bazičnije mehanizme kognicije bili su nešto izraženiji od efekata na kognitivne sposobnosti. Efekti tDCS su se, u izvesnoj meri, pokazali zavisnim od domena ispoljavanja i lateralizacije ispitivanih funkcija, pri čemu je nešto jasnija lateralizacija ustanovljena u slučaju kognitivnih sposobnosti nego egzekutivnih funkcija. Takođe, dobijeno je da prefrontalne regije leve hemisfere imaju nešto veći značaj u višoj kogniciji od parijetalnih, dok jasna diferencijacija anteriorno-posteriorno u slučaju desne hemisfere nije ustanovljena. Dodatno, registrovani efekti tDCS na kognitivne sposobnosti bili su veoma specifični te nezavisni od sržnih aspekata opšte sposobnosti, dok su se efekti na egzekutivne funkcije pokazali nezavisnim od centralne izvršne komponente sistema za obradu informacija, dovodeći u pitanje monolitnost ovih kognitivnih struktura na neuralnom nivou. Konačno, eksperimentalni nalazi su ukazali na to da se psihometrijske relacije između kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija u velikoj meri preslikavaju na neuralni plan, pri čemu najizraženiju egzekutivnu podršku složenim kognitivnim procesima ostvaruje ažuriranje informacija u radnoj memoriji. Ipak, na osnovu dobijenih rezultata, redukcionistička teza o uniformnom svodenju svih faktora kognitivnih sposobnosti na egzekutivnu efikasnost čini se malo verovatnom, a neuralna arhitektura viših kognitivnih funkcija znatno složenijom od one postulirane u okviru aktuelnih psihometrijskih modela.

*Ključne reči:* transkranijalna stimulacija jednosmernom strujom (tDCS), neinvazivna neuromodulacija, kognitivne sposobnosti, inteligencija, egzekutivne funkcije

Naučna oblast: Psihologija

Uža naučna oblast: Opšta psihologija

UDK broj: 159.95:616.8(043.3)

## **The effects of transcranial neuromodulation of fronto-parietal functional network on higher cognitive functions**

Intelligence and executive functions represent the key concepts of individual differences in cognitive functioning. Psychometric relations between these constructs are well documented in the current literature. Namely, findings indicate the differential contributions of various executive functions in higher cognition, with updating, i.e. the capacity of the working memory being the best predictor of cognitive abilities. In recent years, neuroscience has increasingly focused on the detection of neural substrates of individual differences in executive functioning and cognitive abilities. The findings of these studies show that the higher cognition lies within the widely distributed neural network of the prefrontal and parietal brain areas. Consequently, the psychometric relationships between cognitive abilities and executive functions are usually attributed to their shared neural bases. In contrast to neuroimaging studies that are inherently correlational and studies investigating the behavioral effects of brain lesions, studies that use non-invasive neuromodulation, since it enables modulation of the activity of a healthy brain in controlled conditions, have the potential to extract causal conclusions about the neural basis, the role and the differential significance of brain regions in higher cognition. One such technique is transcranial direct current stimulation (tDCS), which, through the application of weak electrical currents between two (or more) surface electrodes of different polarities (anode and cathode) affect the cortical excitability under the locus of the application.

The aim of this study was to examine the effects of neuromodulation on higher cognitive functions using the anodal tDCS over key regions of the frontoparietal functional network – namely, dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) and posterior parietal cortex (PPC). In addition, this study aimed to explore the lateralization of cognitive functions and the contribution of anterior and posterior brain loci to higher cognition; the globality-specificity of the effects of neuromodulation; as well as the contribution of the executive functions to higher cognitive processes. The study was conducted in three phases.

In the first phase, the test-markers of four broad factors of cognitive abilities – fluid intelligence (*G<sub>f</sub>*), crystallized intelligence (*G<sub>c</sub>*), factors of visual processing (*G<sub>v</sub>*), and cognitive speed (*G<sub>s</sub>*) were developed in line with their conceptualizations within



Cattell-Horn-Carroll's (CHC) model of human intellect; as well as tasks of the executive functions of updating, inhibition and set-shifting similar to existing operationalizations within the three-factor model of Miyake and associates. All cognitive abilities/functions were operationalized using two tests, half of which was made in the verbal and the other half in the nonverbal domain. Within this phase of the study, a sample of 106 participants provided data on the test difficulties and their psychometric quality, based on which, four parallel forms for each of the tests were derived from the initial item pool.

In the second phase of the study (219 participants) a psychometric examination and evaluation of the tests of cognitive abilities and executive functions of were carried out, as well as their validation against the established test-markers of higher cognitive abilities. Furthermore, the psychometric relations between cognitive abilities and executive functions have been examined. Moreover, the equivalence of the parallel forms of cognitive tests was examined on a sub-sample of participants. All measures showed an acceptable level of equivalence, psychometric quality, and validity. Tests of cognitive abilities showed correspondence to the CHC model, while the measures of executive functions demonstrated a latent structure corresponding to the three-factor model of executive functions. Although the measures of updating exhibited the highest number of correlations with intelligence tests, the psychometric relationship between latent factors of cognitive abilities and executive functions indicated that executive processes contribute to a varying degree to different factors of cognitive abilities, whereas executive support for cognitive abilities was the highest for *G<sub>s</sub>* and *G<sub>v</sub>*, and practically nonexistent in the case of *G<sub>c</sub>*.

In the final, experimental phase, a sample of 42 healthy, right-handed volunteers was divided into a group that underwent stimulation of the left hemisphere and the group to which the right hemisphere stimulation was applied. Participants underwent repeated cross-over experiment with four contrabanded conditions: F3 / F4 stimulation, P3 / P4 stimulation, simultaneous bi-loci stimulation F3 and P3 / F4 and P4, and sham. The reference electrode was positioned over the contralateral cheek in all experimental conditions. Within each session, after 20 minutes of tDCS (1.8 mA) or sham, participants solved parallel forms of *G<sub>f</sub>*, *G<sub>c</sub>*, *G<sub>v</sub>*, and *G<sub>s</sub>* tests, and updating, inhibition, and set-shifting tasks in order that was counterbalanced across treatments and participants.

The results have shown that mono-locus stimulation can modulate cognitive functions, while bi-loci stimulation, in general, proved to be ineffective. The effects of neuromodulation on executive functions, as the more basic mechanisms of cognition, were stronger than the effects on cognitive abilities. The tDCS effects have, to a certain extent, proved to be dependent on the domain of assessment and the lateralization of examined functions, with somewhat clearer lateralization of cognitive abilities than executive functions. It has also been found that prefrontal left hemisphere regions have a somewhat greater significance in higher cognition than the parietal regions, while a clear anterior-posterior differentiation in the case of the right hemisphere has not been observed. Additionally, the effects of tDCS on cognitive abilities proved to be very specific and independent of the core features of general ability. Similarly, the effects on executive functions were independent of the central executive component of the information processing system. These results challenge the monolithic characterizations of these cognitive structures on the neural level. Finally, it seems that psychometric relationships between cognitive abilities and executive functions are largely reflected on the neural level, with the updating information in the working memory providing the highest support for complex cognitive processes. However, it seems unlikely that all the factors of cognitive abilities could be uniformly reduced to executive efficiency. In other words, the neural architecture of higher cognitive functions seems to be much more complex than the one postulated within the current psychometric models.

*Keywords:* transcranial direct current stimulation (tDCS), noninvasive brain stimulation, cognitive abilities, intelligence, executive functions

Scientific field: Psychology

Subfield: General psychology

UDC number: 159.95:616.8(043.3)

## Sadržaj

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1	Više kognitivne funkcije .....	1
1.1.1	Inteligencija .....	1
1.1.2	Radna memorija .....	3
1.1.3	Egzekutivne funkcije.....	4
1.1.4	Odnos inteligencije, radne memorije i egzekutivnih funkcija .....	6
1.2	Neuralne osnove viših kognitivnih funkcija.....	8
1.2.1	Neuralne osnove kognitivnih sposobnosti: Parijeto-frontalna funkcionalna mreža integracije.....	8
1.2.2	Neuralne osnove radne memorije/ažuriranja, inhibicije i premeštanja .....	10
1.2.3	Lateralizacija viših kognitivnih funkcija .....	12
1.3	Neinvazivna neuromodulacija .....	13
1.3.1	Transkranijalna stimulacija jednosmernom strujom (tDCS).....	13
1.4	Modulacija viših kognitivnih funkcija primenom tDCS: Dosadašnja istraživanja.....	16
1.4.1	Efekti tDCS na kognitivne sposobnosti .....	16
1.4.2	Efekti tDCS na radnu memoriju / egzekutivnu funkciju ažuriranja .....	17
1.4.3	Efekti tDCS na egzekutivnu funkciju inhibicije .....	18
1.4.4	Efekti tDCS na egzekutivnu funkciju premeštanja .....	19
1.5	Metodološki izazovi u istraživanju neuromodulacije viših kognitivnih funkcija.....	19
1.6	Predmet, cilj i hipoteze istraživanja .....	20
<b>2</b>	<b>RAZVOJ I EVALUACIJA BATERIJE ZA PROCENU VIŠIH KOGNITIVNIH FUNKCIJA: PSIHOMETRIJSKA FAZA .....</b>	<b>26</b>
2.1	Razvoj instrumenata.....	26
2.1.1	Razvoj testova intelektualnih sposobnosti .....	27
2.1.2	Metod .....	40
2.1.3	Rezultati i diskusija.....	42
2.1.4	Zaključak o razvoju testova intelektualnih sposobnosti.....	51
2.1.5	Razvoj zadataka egzekutivnih funkcija.....	52
2.1.6	Zaključak o razvoju zadataka egzekutivnih funkcija.....	61
2.2	Psihometrijska evaluacija instrumenata .....	63

2.2.1	Uvod.....	63
2.2.2	Metod .....	67
2.2.3	Rezultati i diskusija.....	74
2.2.4	Zaključak o operacionalizaciji viših kognitivnih funkcija .....	112
<b>3 NEUROMODULACIJA VIŠIH KOGNITIVNIH FUNKCIJA:</b>		
	<b>EKSPERIMENTALNA FAZA.....</b>	<b>114</b>
3.1	Uvod.....	114
3.2	Metod .....	114
3.2.1	Ispitanici .....	114
3.2.2	Eksperimentalni dizajn .....	115
3.2.3	tDCS.....	116
3.2.4	Kognitivni zadaci .....	118
3.2.5	Procedura.....	121
3.3	Rezultati.....	123
3.3.1	Opis uzorka.....	124
3.3.2	Senzacije tokom i nakon tretmana .....	126
3.3.3	Evaluacija protokola lažne stimulacije.....	130
3.3.4	Deskriptivni statistici .....	130
3.3.5	Efekti formi i uvežbavanja na kognitivnim merama.....	134
3.3.6	Efekti tretmana.....	143
<b>4 DISKUSIJA .....</b>		
<b>175</b>		
4.1	Operacionalizacija kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija i njihove relacije na psihometrijskom planu .....	177
4.1.1	Mere kognitivnih sposobnosti.....	177
4.1.2	Mere egzekutivnih funkcija .....	178
4.1.3	Psihometrijske relacije između kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija.....	179
4.2	Uloga fronto-parijetalne mreže u kogniciji višeg reda.....	180
4.2.1	Lateralizacija kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija .....	181
4.2.2	Diferencijalna uloga prefrontalnih i parijetalnih lokusa .....	187
4.2.3	Diferencijacija efekata tDCS na kognitivne sposobnosti i egzekutivne funkcije.....	196
4.2.4	Efikasnost bi-lokusne stimulacije .....	199

4.2.5	Generalnost i specifičnost efekata tDCS .....	201
4.2.6	Učešće egzekutivnih funkcija u kogniciji višeg reda.....	208
4.3	Mogućnosti i dometi primene tDCS u ispitivanju neuralnih osnova kognitivnih funkcija .....	212
4.4	Značaj, ograničenja i implikacije nalaza .....	216
<b>5</b>	<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>219</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>221</b>
<b>7</b>	<b>PRILOZI.....</b>	<b>249</b>
7.1	Prilog A .....	249
7.2	Prilog B.....	264
7.3	Prilog C.....	265
7.4	Prilog D .....	267
7.5	Prilog E.....	289
7.6	Prilog F.....	290
7.7	Prilog G .....	291
7.8	Prilog H .....	292
7.9	Prilog I.....	293
7.10	Prilog J.....	294
7.11	Prilog K .....	298
7.12	Prilog L.....	300

## Sadržaj tabela

Tabela 1 Deskriptivne statističke mere konstruisanih testova sposobnosti .....	43
Tabela 2 Psihometrijske karakteristike konstruisanih testova snage .....	43
Tabela 3 IRT parametri konstruisanih testova snage .....	44
Tabela 4 Raspon internih psihometrijskih karakteristika zadataka konstruisanih testova snage .....	44
Tabela 5 Broj ajtema sa lošim fitom .....	45
Tabela 6 Deskriptivne statističke mere četiri forme testa Matrica .....	46
Tabela 7 Deskriptivne statističke mere četiri forme testa Fluidnih analogija .....	47
Tabela 8 Deskriptivne statističke mere četiri forme testa Sinonim-antonim .....	48
Tabela 9 Deskriptivne statističke mere četiri forme testa Kristalizivanih asocijacija .....	49
Tabela 10 Deskriptivne statističke mere testova Mozaik i Slagalice .....	49
Tabela 11 Deskriptivne statističke mere finalnih setova zadataka u okviru testova Mozaik i Slagalice .....	50
Tabela 12 Deskriptivne statističke mere dve forme testa Simbol .....	51
Tabela 13 Pregled instrumenata po predmetu merenja .....	68
Tabela 14 Deskriptivne statističke mere za četiri forme u okviru svakog od testova sposobnosti .....	76
Tabela 15 Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Matrica .....	77
Tabela 16 Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Fluidne analogije .....	77
Tabela 17 Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Sinonim- antonim .....	78
Tabela 18 Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Kristalizovane asocijacije .....	78
Tabela 19 Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Mozaik .....	78
Tabela 20 Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Slagalice .....	79
Tabela 21 Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Simbol .....	79
Tabela 22 Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Vizuelna potraga .....	80
Tabela 23 Rezultati EFA (metod Maksimalne verodostojnosti) u okviru svakog od testova sposobnosti .....	81
Tabela 24 Faktorska zasićenja i procenti varijanse formi testova objašnjeni ekstrahovanim faktorima .....	82
Tabela 25 Prosečne korelacije između osam mera kognitivnih sposobnosti .....	83
Tabela 26 Deskriptivne statističke mere za četiri forme u okviru svakog od testova sposobnosti .....	85
Tabela 27 Psihometrijske karakteristike finalnih verzija testova snage i validacionih testova .....	86
Tabela 28 Rasponi internih psihometrijskih karakteristika zadataka u finalnim verzijama testova snage i validacionim testovima .....	88
Tabela 29 Korelacije između testova sposobnosti unutar formi .....	89

Tabela 30 Interkorelacije konstruisanih testova sposobnosti, validacionih testova i prosečne ocene na studijama .....	92
Tabela 31 Parametri modela sposobnosti .....	95
Tabela 32 Deskriptivne statističke mere tačnosti i vremena reakcije za zadatke egzekutivnih funkcija.....	99
Tabela 33 Korelacije između zadataka egzekutivnih funkcija.....	101
Tabela 34 Parametri trofaktorskog modela egzekutivnih funkcija .....	102
Tabela 35 Korelacije između zadataka egzekutivnih funkcija i testova kognitivnih sposobnosti.....	104
Tabela 36 Korelacije između zadataka egzekutivnih funkcija inhibicije i premeštanja i testova kognitivnih sposobnosti parcijalizovane za ažuriranje .....	107
Tabela 37 Pokazatelji podesnosti modela strukturalnih relacija između latentnih faktora kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija .....	111
Tabela 38 Deskriptivne statističke mere za uzrast i selekzione testove po polovima i eksperimentalnim grupama, sa testovima razlika između grupa unutar polova .....	125
Tabela 39 Deskriptivne statističke mere za uzrast i selekzione testove za dve eksperimentalne grupe sa testovima razlika između grupa za svaku od mera.....	125
Tabela 40 Stepen neprijatnosti tokom tretmana .....	127
Tabela 41 Stepen prisustva simptoma pre i nakon stimulacije za svaki od tretmana.....	129
Tabela 42 Prosečne mere postignuća na testovima kognitivnih sposobnosti prikazane po eksperimentalnim tretmanima i grupama .....	131
Tabela 43 Prosečne mere postignuća na zadacima egzekutivnih funkcija prikazane po eksperimentalnim tretmanima i grupama .....	132
Tabela 44 Prosečne mere vremena reakcije za tačne odgovore na zadacima egzekutivnih funkcija prikazane po eksperimentalnim tretmanima i grupama.....	133
Tabela 45 Deskriptivne statističke mere za četiri forme testova kognitivnih sposobnosti i mere slaganja i razlikovanja između formi .....	135
Tabela 46 Deskriptivne statističke mere testova kognitivnih sposobnosti za svaku od četiri vremenske tačke i mere slaganja i razlikovanja između sesija .....	137
Tabela 47 Deskriptivne statističke mere za četiri forme zadataka egzekutivnih funkcija i mere slaganja i razlikovanja između formi .....	139
Tabela 48 Deskriptivne statističke mere zadataka egzekutivnih funkcija za svaku od četiri vremenske tačke.....	141
Tabela 49 Glavni efekti GRUPE (leva i desna hemisfera), TRETMANA (stimulacija DLPFC, PPC, BL i sham) i njihove interakcije, sa opštim kontrastima tri tretmana u odnosu na sham za testove kognitivnih sposobnosti.....	144

Tabela 50 Glavni efekti GRUPE (leva i desna hemisfera), TRETMANA (stiulacija DLPFC, PPC, BL i sham) i njihove interakcije, sa opštim kontrastima tri tretmana u odnosu na sham za zadatke egzekutivnih funkcija .....	146
Tabela 51 Glavni efekti GRUPE (leva i desna hemisfera), TRETMANA (stiulacija DLPFC, PPC, BL i sham) i njihove interakcije, sa opštim kontrastima tri tretmana u odnosu na sham za vreme reakcije (RT) na zadacima egzekutivnih funkcija.....	148
Tabela 52 Razlike u učinku na testovima kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija između tri aktivne stimulacije.....	161
Tabela 53 Razlike u jednostavnom vremenu reakcije u zadacima egzekutivnih funkcija između tri aktivne stimulacije.....	163
Tabela 54 Zasićenja testova kognitivnih sposobnosti G-om za tri eksperimentalna tretmana.....	166
Tabela 55 Zasićenja zadataka egzekutivnih funkcija generalnim faktorom egzekutivnih funkcija za tri eksperimentalna tretmana .....	167
Tabela 56 Razlike između situacija neuromodulacije anteriornih i posteriornih lokusa i lažne stimulacije nakon parcijalizacije promena u G-u i generalnom faktoru egzekutivnih funkcija .....	168
Tabela 57 Razlike između situacija neuromodulacije anteriornih i posteriornih lokusa i lažne stimulacije nakon parcijalizacije promena u merama ažuriranja.....	172
Tabela 58 Razlike između situacija neuromodulacije anteriornih i posteriornih lokusa i lažne stimulacije nakon parcijalizacije promena u merama inhibicije.....	173
Tabela 59 Razlike između situacija neuromodulacije anteriornih i posteriornih lokusa i lažne stimulacije nakon parcijalizacije promena u merama premeštanja .....	174



## Sadržaj slika

Slika 1. Primer zadatka iz testa Matrica .....	28
Slika 2. Primer zadatka iz testa Fluidnih analogija .....	29
Slika 3. Primer zadatka iz testa Sinonim-antonim .....	31
Slika 4. Primer zadatka iz testa Mozaik.....	34
Slika 5. Primer paralelnih zadataka iz testa Slagalica .....	35
Slika 6. Primer zadatka iz testa Slagalica .....	36
Slika 7. Primer paralelnih zadataka iz testa Slagalica .....	37
Slika 8. Primer iz testa Simbol I.....	38
Slika 9. Primer iz testa Simbol II .....	39
Slika 10. Primer iz testa Vizuelna potraga.....	40
Slika 11. Zadatak 3-unazad u verbalnom modalitetu .....	53
Slika 12. Zadatak 3-unazad u neverbalnom modalitetu.....	54
Slika 13. Verbalni Strupov zadatak .....	55
Slika 14. Neverbalni Strupov zadatak .....	56
Slika 15. Zadatak Broj-slovo.....	58
Slika 16. Zadatak Lokal-global .....	60
Slika 17. Validacioni testovi kognitivnih sposobnosti .....	71
Slika 18. Model grupnih faktora.....	96
Slika 19. Hijerarhijski model sa G faktorom .....	97
Slika 20. Trofaktorski model egzekutivnih funkcija .....	103
Slika 21. Strukturalne relacije između latentnih faktora inteligencije i egzekutivnih funkcija .....	111
Slika 22. Pozicije elektroda u četiri eksperimentalne situacije .....	116
Slika 23. Shematski prikaz procedure .....	123
Slika 24. Efekti transkranijalne neuromodulacije lokusa leve i desne hemisfere na učinak na testovima kognitivnih sposobnosti .....	151
Slika 25. Efekti transkranijalne neuromodulacije lokusa leve i desne hemisfere na učinak u zadacima egzekutivnih funkcija.....	152
Slika 26. Efekti transkranijalne neuromodulacije lokusa leve i desne hemisfere na vreme reakcije za tačne odgovore u zadacima egzekutivnih funkcija .....	153

# 1 UVOD

## 1.1 Više kognitivne funkcije

Pod višim kognitivnim funkcijama podrazumeva se heterogen skup sposobnosti o kojima se najčešće govori u okviru tri veoma bliska, ali teorijski i praktično često izdvojena domena: inteligencija, radna memorija i egzekutivne funkcije. Inteligencija, jedan od najstarijih koncepata u psihologiji, široko se shvata kao generalna mentalna sposobnost i primarno se izučava iz perspektive individualnih razlika. Radna memorija je koncept razvijen u okviru kognitivne psihologije, kao komponenta procesa obrade informacija zadužena za kratkotrajno zadržavanje i manipulaciju sadržajima, kao i komunikaciju sa drugim memorijskim sistemima. Ipak, individualne razlike u kapacitetu radne memorije uočene su još u najranijim studijama, te su ubrzo privukle pažnju istraživača koji se bave diferencijalnom psihologijom. Konačno egzekutivne funkcije, predstavljaju krovni pojam za raznovrsne kompleksne funkcije i zbog svoje relevantnosti za svakodnevno funkcionisanje čoveka predstavljaju jednu od centralnih tema klinički orijentisanih istraživača, posebno u oblasti neurokognitivne degeneracije, ali i istraživača individualnih razlika.

### 1.1.1 Inteligencija

Naučno izučavanje inteligencije u psihologiji počelo je pre više od jednog veka. Prva psihometrijska taksonomija intelektualnih sposobnosti vezuje se za faktorsko-analitičke studije Čarlsa Spirmana (Spearman, 1904, 1927), nakon čega su usledile brojne druge. Tek u poslednjih 25 godina došlo je do konsenzusa u pogledu broja faktora i strukture intelektualnih sposobnosti. Savremeni, konsenzualni hijerarhijski model ljudskog intelekta, Katel-Horn-Kerolov model (engl. *Cattell-Horn-Carroll, CHC model*) predstavlja teorijski okvir za većinu savremenih testova sposobnosti (McGrew, 2009). Ovaj model predstavlja ekstenziju i nadogradnju istaknutih teorija kognitivnih sposobnosti kakve su Spirmanova (Spearman, 1904, 1927, 1946), Terstonova (Thurstone, 1938), Vernonova (Vernon, 1961), Gustafsonova (Gustafsson, 1984), a pre svega Katel-Hornova teorija (Cattell, 1987; Horn, 1979; Horn & Blankson, 2005; Horn & Cattell,

1966) i Kerolova trostratumska teorije inteligencije (Carroll, 1993, 1997, 2005) sa kojima i deli najveći broj predloženih faktora sposobnosti (McGrew, 2009). Preciznije, CHC model predstavlja direktnu ekstenziju Kerolovog trostratumskog modela intelekta (Carroll, 1993, 1997, 2005), koji predstavlja prvu empirijski zasnovanu taksonomiju intelektualnih sposobnosti koja sistematizuje i integriše višedecenijske nalaze o strukturi i funkciji intelektualnih sposobnosti u jedan ujedinjući model (McGrew, 2009).

Prema CHC modelu faktori intelektualnih sposobnosti organizovani su na 3 hijerarhijska nivoa (Carroll, 1993, 1997; 2005; McGrew, 2009). Na prvom, najnižem nivou hijerarhije nalaze se brojni uski faktori, odnosno specifične sposobnosti. Na drugom nivou nalazi se više od 10 širokih faktora među kojima je, uz izuzetak faktora sposobnosti u specifičnim perceptivnim domenima i psihomotornim sposobnostima, većina prvobitno definisana od strane Katela, Horna i Kerola, a pre svih fluidna (*Gf*) i kristalizovana inteligencija (*Gc*). *Gc* odslikava individualne razlike u znanju i dubini znanja jezika, informacija i koncepata kulture, kao i u uspešnosti njihove primene. Ova sposobnost stiče se kroz obrazovanje i iskustvo i prevashodno odslikava verbalno, deklarativno, ali i proceduralno znanje. *Gf*, sa druge strane, predstavlja kapacitet za apstraktno rezonovanje, rešavanje novih, kompleksnih problema služeći se induktivnim i deduktivnim zaključivanjem. Ova sposobnost obuhvata kompleksne mentalne operacije poput uviđanja relacija, formiranja koncepata, rešavanja problema, ekstrapolacije, generisanja i testiranja hipoteza, itd. (Carroll, 1993, 1997, 2005). Ovi procesi na snazi su kad god je prisutna percepcija kompleksnih relacija (Cattell, 1987), a zaključivanje iz nepotpunih informacija predstavlja centralnu komponentu ove sposobnosti (Carroll, 1993, 1997, 2005).

Neki od preostalih faktora drugog reda koje pretpostavlja ovaj model su: faktor vizuelne percepcije (*Gv*) koji je u osnovi sposobnosti manipulacije kompleksnim vizuelnim sadržajima; faktor auditivne percepcije (*Ga*) koji stoji u osnovi kontrole percepcije, diskriminacije i poimanja auditivnih sadržaja; faktor kratkoročne memorije (*Gsm*) zadužen za kratkoročno usvajanje informacija; faktor sposobnosti skladištenja i izvlačenja sadržaja iz dugoročne memorije (*Glr*) koji odslikava lakoću pristupa informacijama uskladištenim u dugoročnoj memoriji; faktor kognitivne brzine (*Gs*) koji sumira brzinu izvođenja mentalno angažujućih, ali relativno jednostavnih zadataka; faktor jednostavnog odlučivanja i reakcione brzine (*Gt*) koji se procenjuje hronometrijskim metodama (npr. vreme reakcije) i koji stoji u osnovi brzine donošenja

elementarnih odluka; faktor kvantitativnog znanja (*Gq*), odnosno širine i dubine proceduralnih i deklarativnih kvantitativnih i numeričkih veština i znanja; faktor sposobnosti u osnovi čitanja i pisanja (*Grw*) koji sumira širinu i dubinu stečenog deklarativnog i proceduralnog znanja u pogledu veština čitanja i pisanja, itd.

Na trećem, hijerarhijski najvišem nivou nalazi se generalni faktor inteligencije (*G*), odnosno opšta intelektualna sposobnost. *G* faktor je u najsnažnijoj vezi sa zadacima kompleksnog rezonovanja, te uključuje sve kompleksne kognitivne procese višeg reda (Carroll, 1993). Iako je prema CHC modelu kognitivnih sposobnosti *Gf* lociran na središnjem nivou hijerarhijske strukture intelekta, i predstavlja jedan od grupnih faktora širokih sposobnosti podređenih *G* faktoru neki autori (npr. Gustafsson, 1984) smatraju da *Gf* kako ga opisuju Katel i Horn (Horn & Cattell, 1966) zapravo predstavlja *G* faktor o kom govori Spearman (Spearman, 1904, 1927, 1946). Stoga neki autori stavljaju znak jednakosti između *G* faktora i *Gf*-a (Gustafsson, 1984; Gustafsson, 1988), i smatraju ga fundamentalnijim od ostalih faktora inteligencije i najbližijem Spearmanovom *G* (Jensen, 1998).

Studije su pokazale da je genetski uticaj na individualne razlike u intelektualnim sposobnostima veoma izražen. Naime, čak između 60 i 80% varijanse u ovim sposobnostima u odrasloj dobi može se pripisati genetskim faktorima (Plomin & Deary, 2015). Takođe, mere inteligencije iskazuju izrazitu stabilnost tokom života, kao i izraženu prediktivnu vrednost u predviđanju različitih relevantnih kriterijuma (vidi Deary, Whalley, Lemmon, Crawford, & Starr, 2000; Frank & John, 1998; Gottfredson, 2007; Gottfredson, 1997; Jensen, 1998; Kuncel, Hezlett, & Ones, 2004; Plomin & Deary, 2015; Salgado et al., 2003).

U ovom radu u fokusu će biti četiri široka faktora inteligencije, koji se najčešće procenjuju standardnim testovima intelektualnih sposobnosti: *Gf*, *Gc*, *Gv* i *Gs*.

### **1.1.2 Radna memorija**

Konstrukt radne memorije (engl. *working memory*, *WM*) prvobitno je konceptualizovan u okviru uticajnog multikomponentnog modela memorije Baddeleya i saradnika kao aktivni memorijski sistem ograničenog kapaciteta koji je zadužen za skladištenje, kontrolu, i manipulaciju informacija (Baddeley, 1992, 1996, 2003). Ovaj model postulira dva subsistema koja su zadužena za privremeno skladištenje domen-

specifičnih sadržaja: fonološku petlju koja je zadužena za verbalni material i vizuospacijalnu matricu zaduženu za retenciju vizuelnih i spacijalnih sadržaja. Treća komponenta sistema, nadređena prethodnim nazvana je centralni izvršilac. Centralni izvršilac<sup>1</sup> predstavlja centralnu strukturu sistema koja kontroliše i reguliše rad potčinjenih komponenti i upravlja kognicijom u celini. Ova komponenta je ograničenog kapaciteta u pogledu količine informacija kojima može manipulirati, kao i vremenom u kom one mogu biti zadržane u memoriji.

Iako je ovaj model nastao u okviru kognitivne psihologije ubrzo se ispostavilo da postoje velike individualne razlike u kapacitetu radne memorije (engl. *working memory capacity*, *WMC*) i da su ove individualne razlike visoko prediktivne za različite kompleksne sposobnosti poput čitanja sa razumevanjem, rezonovanja, i sl. (Carpenter, Just, & Shell, 1990; Daneman & Merikle, 1996; Daneman & Carpenter, 1980; Just & Carpenter, 1992), što je privuklo pažnju istraživača koji se bave diferencijalnom psihologijom.

Ipak poslednjih godina na snazi je frakcionisanje generičke koncepcije centralnog sistema koji upravlja kognitivnim procesima na povezane, ali ipak distinktno egzekutivne funkcije (Baddeley, 1996; Collette, Hogge, Salmon, & Van der Linden, 2006; Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012).

### 1.1.3 Egzekutivne funkcije

Termin *egzekutivne funkcije* koristi se kao krovni pojam za širok spektar kognitivnih mehanizama, te su različiti autori predlagali različite setove egzekutivnih funkcija. Ipak, u okviru paradigme individualnih razlika poslednjih godina došlo se do konsenzusa u pogledu tri ključne egzekutivne funkcije koje stoje u osnovi kompleksnih mentalnih operacija (Diamond, 2013). Jedan od aktuelnih modela egzekutivnih funkcija je model Miyakija i saradnika (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012). Ovaj model predstavlja empirijski dobro zasnovanu sistematizaciju primarnih kontrolnih mehanizama kognicije i daje jasne preskripcije za njihovo merenje relativno jednostavnim kognitivnim zadacima. Ovaj model replikovano je u velikom broju

---

<sup>1</sup> Iako terminološki različit, pojam centralnog izvršioca u mnogome je ekvivalentan konceptu egzekutivne pažnje koji koriste Engle i saradnici (Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999; Kane et al., 2004; Kane & Engle, 2002), kao i konceptu supervizorskog sistema pažnje Normana i Šelisa (Norman & Shallice, 1986).

istraživanja i na veoma raznorodnim uzorcima (vidi Friedman & Miyake, 2017). Mijaki i saradnici egzekutivne funkcije definišu kao opšte kontrolne procese koji regulišu dinamiku ljudske kognicije i akcije (Miyake & Friedman, 2012; Miyake et al., 2000). Autori izdvajaju tri osnovne, distinktne, ali povezane egzekutivne funkcije: ažuriranje, inhibiciju, i premeštanje.

Pod *ažuriranjem* se podrazumeva funkcija kontinuiranog nadgledanja i kodiranja informacija koje pristižu u memoriju uz njihovo simultano revidiranje, tj. održavanje elementa od značaja u memoriji, uz istovremeno suspendovanje i “brisanje” starih i nepotrebnih reprezentacija iz memorije (Miyake et al., 2000; Morris & Jones, 1990). Ova egzekutivna funkcija je u najtešnjoj vezi sa konceptom radne memorije. Tipični zadaci<sup>2</sup> egzekutivne funkcije ažuriranja su *n*-unazad zadaci (engl. *n-back*), budi u toku (engl. *keep track*), zadaci pamćenja slova (engl. *letter memory task*), i zadaci nadgledanja tonova (engl. *tone monitoring task*). Kako u osnovi ažuriranja, kao i radne memorije stoje procesi selekcije, skladištenja i manipulacije informacijama u memoriji, uspešnost na zadacima kojima se meri sposobnost ažuriranja predstavlja odličnu aproksimaciju kapaciteta radne memorije (Wilhelm, Hildebrandt, & Oberauer, 2013).

*Inhibicija* predstavlja namerno prevazilaženje i zaustavljanje dominantnih, automatskih radnji ili odgovora (Miyake et al., 2000; Munakata et al., 2011; Smith & Jonides, 1999). Ova egzekutivna funkcija je na delu kad god postoje dva simultano aktivna konfliktna procesa (Smith & Jonides, 1999). Inhibicija se na bihevioralnom planu može ispoljavati kao efikasnost usmeravanja selektivne pažnje na spoljašnje ili unutrašnje stimulse, efikasnost kontrole impulsa, efikasnost opiranja retroaktivnoj/proaktivnoj interferenciji i distrakcijama, i sl. (Diamond, 2013). Tipični zadaci<sup>3</sup> kojima se meri efikasnost inhibitorne kontrole su Strupov zadatak (engl. *Stroop task*), zadatak “kreni-stani” (engl. *go/no-go task*), stop signal zadatak (engl. *stop signal task*), zadatak antisakada (engl. *antisaccade tasks*), Flakner zadatak (engl. *Flanker task*), Sajmonov zadatak (engl. *Simon task*) i zadatak odlaganja gratifikacije (engl. *delay of gratification task*).

---

<sup>2</sup> Za opis zadataka kojima se meri egzekutivna funkcija ažuriranja vidi Diamond (2013), Miyake et al. (2000), Purić (2013)

<sup>3</sup> Za detaljan pregled i opis zadataka kojima se meri egzekutivna funkcija inhibicije vidi Diamond (2013), Miyake et al. (2000), Purić (2013)

Sušтина egzekutivne funkcije *premeštanja* je u sposobnosti efikasnog prebacivanja pažnje sa jednog na drugi zadatak, operaciju, ili mentalni set (Miyake et al., 2000). Ukratko, ova egzekutivna funkcija odgovorna je za fleksibilnost u mišljenju i ponašanju, lakoću promene perspektive/direkcije, bilo prilikom rešavanja problema, percepciji specijalnih, ili interpersonalnih relacija (Diamond, 2013). Na suprotnom polu uspešne kognitivne fleksibilnosti nalazi se kognitivna rigidnost i perseveracija (Diamond, 2013). Tipični zadaci<sup>4</sup> kojima se meri sposobnost premeštanja su lokal-global (engl. *local–global task*), broj-slovo (engl. *number–letter task*), i plus-minus (engl. *plus–minus task*). U osnovi svih zadataka koji mere ovu funkciju stoji sposobnost brzog, fleksibilnog prebacivanja pažnje sa irelevantnih aspekata stimulusa/zadatka na njegove relevantne aspekte.

Egzekutivne funkcije ažuriranja, inhibicije i premeštanja pokazuju izvestan stepen jedinstva, ali i različitosti (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012). Naime, iako korelirane i zasićene zajedničkim faktorom pojedinačne funkcije poseduju i specifičnu varijansu nezavisnu od drugih (Alvarez & Emory, 2006; Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012). Kao zajedničku sržnu karakteristiku koja je zaslužna za povezanost ovih funkcija autori ističu sposobnost aktivnog održavanja cilja u svesti (Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012). U svakodnevnom funkcionisanju individue ove tri egzekutivne funkcije uvek rade u sinergiji i praktično su nerazdvojive (Diamond, 2013).

Konačno, individualne razlike u egzekutivnim funkcijama pokazale su se prediktivnim za veći broj klinički i socijalno relevantnih kriterijuma (vidi Miyake & Friedman, 2012). Takođe, ove sposobnosti pokazuju visok nivo heritabilnosti i vremenske stabilnosti, kao i uspešnu predikciju različitih relevantnih ishoda (Friedman et al., 2008; Friedman & Miyake, 2017; Miyake & Friedman, 2012).

#### **1.1.4 Odnos inteligencije, radne memorije i egzekutivnih funkcija**

Visoke korelacije između kognitivnih sposobnosti i mera kapaciteta radne memorije demonstrirane su u velikom broju studija (Ackerman, Beier, & Boyle, 2005; Arffa, 2007; Chuderski, Taraday, Nečka, & Smoleń, 2012; Colom, 2004; Colom, Abad,

---

<sup>4</sup> Za detaljan pregled i opis zadataka kojima se meri egzekutivna funkcija premeštanja vidi Diamond (2013), Miyake et al. (2000), Purić (2013)

Quiroga, Shih, & Flores-Mendoza, 2008; Colom, Abad, Rebollo, & Shih, 2005; Conway, Cowan, Bunting, Theriault, & Minkoff, 2002; Duncan, Schramm, Thompson, & Dumontheil, 2012; Engle et al., 1999; Kane et al., 2004; Kane, Hambrick, & Conway, 2005; Kyllonen & Christal, 1990; Martínez et al., 2011; McCabe, McDaniel, & Hambrick, 2010; Miyake, Friedman, Rettinger, Shah, & Hegarty, 2001; Oberauer, Schulze, Wilhelm, & Süß, 2005; Oberauer, Süß, Wilhelm, & Wittmann, 2008; Salthouse, Atkinson, & Berish, 2003; Shelton, Elliott, Hill, Calamia, & Gouvier, 2009; Unsworth, 2010; Unsworth et al., 2009). Veličine korelacija koje mere radne memorije na latentnom nivou ostvaruju sa merama inteligencije navele su veći broj autora na zaključak o izomorfnosti kapaciteta radne memorije i  $G/Gf$ -a (npr. Colom, 2004; Colom et al., 2005; Kyllonen & Christal, 1990; Oberauer et al., 2005). Sa druge strane, neki autori smatraju da empirijska evidencija o visini i/ili prirodni povezanosti između radne memorije i  $G/Gf$ -a ne govori u prilog njihove istovetnosti (Ackerman et al., 2005; Beier & Ackerman, 2005; Conway, Kane, & Engle, 2003; Kane et al., 2005).

U skladu sa navedenim nalazima utvrđeno je da različite egzekutivne funkcije ostvaruju diferencijalne korelacije sa merama intelektualnih sposobnosti, te da je egzekutivna funkcija ažuriranja relativno visoko povezana sa kognitivnim sposobnostima, dok preostale dve egzekutivne funkcije nakon kontrole za varijansu koju dele sa ažuriranjem uglavnom ne ostvaruju ekskluzivne korelacije sa merama inteligencije (npr. Benedek, Jauk, Sommer, Arendasy, & Neubauer, 2014; Friedman et al., 2006, 2008; Martínez et al., 2011; Oberauer et al., 2008; Wongupparaj, Kumari, & Morris, 2015).

U celini gledano, nalazi dosadašnjih psihometrijskih studija upućuju na zaključak da isti ili veoma slični bazični mehanizmi kognicije stoje u osnovi, kako kapaciteta radne memorije/efikasnosti egzekutivne kontrole, tako i individualnih razlika u intelektualnim sposobnostima, te su različiti autori skloni da razloge za povezanost ovih konstrukata pronalaze u njihovim zajedničkim neuralnim osnovama (Colom, 2004; Colom et al., 2015; Diamond, 2013; Engle et al., 1999; Kane & Engle, 2002; Kovacs & Conway, 2016).



## 1.2 Neuralne osnove viših kognitivnih funkcija

### 1.2.1 Neuralne osnove kognitivnih sposobnosti: Parijeto-frontalna funkcionalna mreža integracije

Progres u razvoju tehnika neinvazivnog neuroimidžinga (engl. *neuroimaging*, *NI*) poslednjih decenija pružio je mogućnost identifikacije strukturalnih i funkcionalnih neuralnih osnova individualnih razlika u postignuću na standardnim zadacima viših kognitivnih funkcija (Jung & Haier, 2007). Na osnovu pregleda dotadašnjih nalaza, Jang i Heir (Jung & Haier, 2007), oslanjajući se pre svega na rezultate NI studija<sup>5</sup>, ali i studije na pacijentima sa lezijama, formulišu teoriju o Parijeto-frontalnoj mreži integracije (engl. *Parieto-Frontal Integration Theory*, *P-FIT*). Oni izveštavaju o iznenađujućoj korespondenciji nalaza o neuralnim korelatima učinka u zadacima koji anagažuju intelektualne sposobnosti, te izdvajaju diskretne regione mozga koji stoje u osnovi individualnih razlika u inteligenciji. Kao relevantni regioni navode se oblasti prefrontalnog korteksa (Ba<sup>6</sup> 6, 9, 10, 45, 46, 47), inferiorni (Ba 39, 40) i superiorni parijetalni režanj (Ba 7), anteriorni cingulatni korteks (Ba 32), i regioni mozga unutar temporalnog (Ba 21, 37) i okcipitalnog režnja (Ba 18, 19). Ovi nalazi dosledno se replikuju u većem broju studija, i pokazuju korespondentnost kroz različite metode istraživanja (Jung & Haier, 2007).

Kako bi se bolje razumela uloga ovako velikog broja moždanih regija, u okviru P-FIT postulirani su nivoi obrade informacija unutar parijeto-frontalne mreže. Prva faza obrade informacija odvija se u zonama mozga koje primaju senzorne inpute, preciznije okcipitalnom i temporalnom režnju. Tako su ekstrastrijatne oblasti (Ba 18, 19) i fuziformni girus (Ba 37) uključeni u prepoznavanje, imaginaciju i elaboraciju vizuelnih inputa, dok se u Vernikeovoj zoni (Ba 22) odvija analiza auditivnog inputa. U drugoj fazi obrade vrši se integracija senzornih informacija u inferiornim i superiornim parijetalnim oblastima: angularnom girusu (Ba 39), supramarginalnom girusu (40) i superiornom parijetalnom režnju (Ba 7). Treća faza odvija se u interakciji parijetalnih i frontalnih oblasti. Ova faza obrade stoji u osnovi psiholoških procesa rešavanja problema, evaluacije i testiranja hipoteza i u nju su uključene oblasti prefrontalnog korteksa (Ba 6, 9, 10, 45,

---

<sup>5</sup> U pregled su bile uključene studije koje su koristile funkcionalne (fMRI, fPET) i strukturalne NI tehnike (sMRI, DTI, VBM)

<sup>6</sup> Ba – Brodmanova polja (engl. *Brodmann's area*)

46, 47). Autori postuliraju da u ovoj fazi obrade informacija značajnu ulogu u selekciji i inhibiciji automatskih odgovora ima anteriorni cingulatni korteks (Ba 32). Ipak, autori smatraju da diskretni regioni dorzolateralnog prefrontalnog korteksa (DLPFC) (Ba 9, 45, 46, 47) i parijetalnog korteksa (Ba 7, 40) imaju presudnu ulogu u kognitivnim sposobnostima (Jung & Haier, 2007). Takođe, teorija ističe značaj aksonskih snopova koji povezuju parijetalni i frontalni režanj, pre svih arcuate fasciculus, na taj način postulirajući da funkcionalnu kortikalnu osnovu kognitivnih sposobnosti ne čine samo aktivnosti unutar diskretnih regiona frontalnog, odnosno parijetalnog režnja, već da je za inteligenciju relevantna adekvatna interakcija unutar celokupne fronto-parijetalne mreže.

NI studije i studije lezija koje su usledile pružile su delimičnu potvrdu značaja postuliranih čvorišta neuralne mreže i integriteta njihovih neuralnih veza (Barbey et al., 2012; Barbey, Colom, & Grafman, 2013; Brancucci, 2012; Colom et al., 2009; Colom, Karama, Jung, & Haier, 2010; Deary, Penke, & Johnson, 2010; Gläscher et al., 2010; Gläscher et al., 2009; Luders, Narr, Thompson, & Toga, 2009; Song et al., 2008; Yu et al., 2008). Tako je na primer pokazano da oštećenje u frontalnim i parijetalnim delovima mreže dovodi do slabijeg učinka na standardizovanim testovima inteligencije (Colom et al., 2009, 2010). Takođe, pokazano je da je integritet bele mase, odnosno snopova aksona koji povezuju pomenute regije u funkcionalnu integrativnu mrežu, u relaciji sa psihometrijskim *G* faktorom (Colom et al., 2010; Gläscher et al., 2010; Gläscher et al., 2009; Yu et al., 2008). Dodatno, dobijeno je da varijacije u volumenu sive mase (broj i veličina neurona) u predviđenim regijama kod nekliničke populacije koreliraju sa učinkom na standardizovanim testovima inteligencije (Colom et al., 2009). Sa druge strane, neka istraživanja nisu rezultirala tako jasnim nalazima (Haier et al., 2009). Takođe, u većini navedenih studija, pored regija koje su u okviru teorije postulirane kao najznačajnije, često se javlja povezanost dodatnih regija mozga sa učinkom na testovima inteligencije, te ostaje nejasno da li učešće ovih regija u rešavanju kompleksnih zadataka predstavlja epifenomen ili ne. Konačno, pojedini autori smatraju da empirijska evidencija ne govori u prilog tome da zadaci visoko zasićeni *G* faktorom mobilisu široku neuralnu mrežu već da neuralnu osnovu *G*-a čine visoko lokalizovane oblasti unutar DLPFC-a (Duncan, 2005; Duncan et al., 2000; Duncan, 2010; Duncan & Owen, 2000).

S obzirom na to da P-FIT, iako ne do kraja empirijski potvrđena, trenutno daje najbolji odgovor na pitanje gde se nalazi inteligencija u mozgu (Deary et al., 2010) i pruža jasne smernice za dalja istraživanja lokalizacije viših kognitivnih funkcija (Jung & Haier,

2007), ovo istraživanje osloniće se na njene postavke, preciznije na frontalno i parijetalno čvorište neuralne mreže, kao osnove intelektualnih sposobnosti.

### **1.2.2 Neuralne osnove radne memorije/ažuriranja, inhibicije i premeštanja**

Izvršni procesi selekcije, skladištenja i manipulacije informacijama u radnoj memoriji tradicionalno se smestaju u prefrontalne oblasti mozga (Friedman & Miyake, 2017). Poslednjih godina, sve veći broj studija ima za cilj precizno mapiranje neuralnih osnova egzekutivnih funkcija i radne memorije. Neki nalazi upućuju na to da u prefrontalnom korteksu postoji funkcionalna segregacija između DLPFC i ventrolateralnog dela prefrontalnog korteksa (VLPFC). Tako se veruje da VLPFC (Ba 45 i 47) reguliše izvlačenje reprezentacija uskladištenih u posteriornim zonama korteksa i njihovo aktivno održavanje u memoriji, dok je DLPFC (Ba 46 i 9) odgovoran za manipulaciju uskladištenim podacima i njihovu selekciju (Owen, McMillan, Laird, & Bullmore, 2005; Rowe, Toni, Josephs, Frackowiak, & Passingham, 2000; Smith & Jonides, 1999). Ipak, čini se da je pomenuti specificitet funkcija DLPFC i VLPFC pre stvar stepena nego fundamentalne disocijacije (Elliott, 2003). Pored DLPFC, za koji se veruje da ima značajnu ulogu u zadacima radne memorije (Barbey, Koenigs, & Grafman, 2013; Kane & Engle, 2002; Niendam et al., 2012; Owen et al., 2005), značajnu ulogu imaju i frontopolarni, anteriorni cingulatni, kao i premotorni korteks (Collette et al., 2006; Niendam et al., 2012; Owen et al., 2005). Dodatno, rezultati većine studija upućuju na to da su prilikom izrade zadataka radne memorije aktivni i delovi mreže koja se širi izvan anteriornih zona mozga, i to pre svih posteriorne parijetalne oblasti (Chamod & Petrides, 2007; Collette et al., 2006; Jonides et al., 1998; Koenigs, Barbey, Postle, & Grafman, 2009; Mottaghy, 2006; Niendam et al., 2012; Olson & Berryhill, 2009; Owen et al., 2005; Wager & Smith, 2003).

Egzekutivna funkcija inhibicije, takođe, je najčešće dovođena u vezu sa zonama u prefrontalnom korteksu, pre svega dorzolateralnim, ali i inferiornim frontalnim i orbitofrontalnim korteksom (Alvarez & Emory, 2006; Aron, Robbins, & Poldrack, 2004, 2014; Banich, 2009; Collette et al., 2006; Kane & Engle, 2002; Levy & Wagner, 2012; MacDonald, Cohen, Stenger, & Carter, 2000; Munakata et al., 2011; Nee et al., 2013; Niendam et al., 2012; Vanderhasselt, De Raedt, & Baeken, 2009). Dodatno, neki nalazi govore u prilog značajne uloge anteriornog cingulatnog korteksa u detekciji i/ili razrešenju kognitivnog konflikta između dva suprotstavljena procesa (Alvarez & Emory,

2006; Aron et al., 2004; Carter et al., 1998; Kane & Engle, 2002; Smith & Jonides, 1999), ali ipak nalazi nisu jednoznačni (MacDonald et al., 2000). Dodatno, neke studije ukazuju na dominantnu ulogu inferiornog frontalnog girusa u inhibitornim procesima (Aron et al., 2004, 2014). Sa druge strane, pojedini nalazi sugeriraju da standardno dobre mere inhibicije kakav je npr. Strupov zadatak nisu ekskluzivno povezane sa frontalnim regijama, već da u učinku u ovom zadatku značajnu ulogu igraju pre svega parijetalne, ali i temporalne i motorne zone (Alvarez & Emory, 2006; Niendam et al., 2012).

Kortikalne strukture relevantne za egzekutivnu funkciju premeštanja velikim delom se preklapaju sa onima aktivnim u inhibiciji automatskih reakcija (Aron et al., 2004; Niendam et al., 2012; Smith & Jonides, 1999), ali i onih koje učestvuju u zadacima radne memorije/ažuriranja (Niendam et al., 2012; Wager, Jonides, & Reading, 2004). Tako se pokazalo da DLPFC, kao i inferiorni frontalni korteks igraju važnu ulogu u funkciji premeštanja (Alvarez & Emory, 2006; Aron et al., 2004; Collette et al., 2006; Monsell, 2003; Niendam et al., 2012). Za razliku od inhibicije, čini se da anteriorni cingulatni korteks nema presudnu ulogu u zadacima premeštanja (Smith & Jonides, 1999), mada su i ovi nalazi osporavani (Niendam et al., 2012). Pored frontalnih regija, postoje i nalazi o značaju posteriornih regija za izvedbu zadataka premeštanja, pre svih posteriornog i superiornog parijetalnog režnja (Collette et al., 2006; Monsell, 2003; Niendam et al., 2012; Sohn, Ursu, Anderson, Stenger, & Carter, 2000; Wager et al., 2004). Dodatno, neki nalazi čak upućuju na veći značaj posteriornih parijetalnih regija za funkciju premeštanja od frontalnih (Wager et al., 2004).

U celini, čini se da je dualnost egzekutivnih funkcija, odnosno njihov istovremeni specificitet i komunalitet demonstriran na bihevioralnom i psihometrijskom nivou (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012) prisutan i na neuralnom planu (Nee et al., 2013; Niendam et al., 2012). Dodatno, nalazi navedenih studija neuro-osnova inteligencije sa jedne, i radne memorije/egzekutivnih funkcija, sa druge strane, upućuju na zaključak da više kognitivne sposobnosti počivaju na relativno ograničenom broju moždanih regija u prefrontalnim i parijetalnim oblastima korteksa, i njihovoj interakciji. Konačno, čini se da se relacije između ovih konstrukata dobijene u psihometrijskim studijama po svoj prilici preslikavaju i na neuralni nivo.

### 1.2.3 Lateralizacija viših kognitivnih funkcija

Tradicionalno se smatra da manipulacija verbalnim materijalom anagažuje levu, a manipulacija vizuelnim i spacijalnim sadržajima desnu hemisferu. Ipak, ovakva podela nije uvek adekvatna, a u pogledu funkcionalne asimetrije hemisfera postoje i individualne razlike.

U studijama neuralnih osnova inteligencije najčešće se ističe uloga leve hemsfere. Tako, autori P-FIT izveštavaju o većem doprinosu leve hemisfere u učinku u standardnim zadacima inteligencije za većinu postuliranih regija (Jung & Haier, 2007). Ipak, neki nalazi ukazuju na ulogu desnog prefrontalnog režnja u kompleksnim zadacima rezonovanja i donošenju odluka (Barbey, Koenigs, et al., 2013), ali i levog prefrontalnog korteksa, kao i desnog parijetalnog korteksa (Gläscher et al., 2009), pri čemu su nalazi velikim delom zamagljeni izborom domen-specifičnih testova sposobnosti kao i korišćenjem ne-specifičnih operacionalizacija različitih kognitivnih sposobnosti.

Kada je reč o radnoj memoriji/ažuriranju, takođe se najčešće ističe uloga leve hemisfere (Barbey, Koenigs, et al., 2013; Gläscher et al., 2009; Wager & Smith, 2003), te neki nalazi upućuju na postojanje amodalnog centralnog izvršioca u levim prefrontalnim regijama (Mottaghy, 2006; Nee et al., 2013). Sa druge strane, postoje nalazi koji ukazuju na to da DLPFC obe hemisfere igra ulogu u zadacima radne memorije/ažuriranja, a da je lateralizacija zavisna od domena ispitivanja, ali i od težine zahteva zadataka (Barbey, Koenigs, et al., 2013; Champod & Petrides, 2007; Collette et al., 2006; Nee et al., 2013; Smith & Jonides, 1998; Smith & Jonides, 1999; Wager & Smith, 2003). Oprečni nalazi o lateralizaciji i njenoj zavisnosti od domena ispitivanja prisutni su i u slučaju egzekutivnih funkcija premeštanja i inhibicije (vidi Alvarez & Emory, 2006; Aron et al., 2004, 2014; Collette et al., 2006; Nee et al., 2013; Vanderhasselt et al., 2009).

U celini, na temelju dosadašnjih nalaza nije moguće izvesti jasne zaključke o lateralizaciji viših kognitivnih funkcija. Naime, za gotovo svaku od funkcija postoje oprečni nalazi (vidi Aron et al., 2004, 2014; Collette et al., 2006; Kane & Engle, 2002; Nee et al., 2013; Smith & Jonides, 1998; Smith & Jonides, 1999; Wager & Smith, 2003), koji su dodatno zamagljeni izborom nespecifičnih zadataka i zastupljenošću različitih domena ispitivanja (verbalno/neverbalno) u pojedinačnim studijama.

### 1.3 Neinvazivna neuromodulacija

Saznanja o neuralnim osnovama viših kognitivnih funkcija primarno se temelje na rezultatima NI ili studija lezija. Uprkos velikom značaju ovih istraživanja, ona nailaze na nekoliko krupnih problema. Naime, treba imati u vidu da su studije koje koriste različite NI tehnike korelacionog karaktera, te da ne omogućavaju izvođenje kauzalnih zaključaka. Sa druge strane, studije lezija prevazilaze ovaj problem, ali se suočavaju sa drugim, ne manje važnim preprekama. Moždane lezije retko kada su ograničene na specifične lokuse (posebno ne lokuse relevantne za samo jednu ili nekoliko funkcija), a pacijenti se često međusobno razlikuju po nizu demografskih (npr. pol uzrast, obrazovanje), kognitivnih (npr. premorbidni nivo sposobnosti) i nekognitivnih karakteristika (npr. aktivitet, depresivnost).

Poslednjih godina sve učestalija je primena tehnika neinvazivne neuromodulacije, među kojima se posebno ističu transkranijalna magnetna stimulacija (engl. *Transcranial Magnetic Stimulation, TMS*)<sup>7</sup> i transkranijalna stimulacija jednosmernom strujom (engl. *transcranial Direct Current Stimulation; tDCS*). Ove tehnike su posebno značajne zato što imaju potencijal za izvođenje kauzalnih zaključaka o neuralnim osnovama, ulazi i diferencijalnom značaju različitih moždanih regija u višim kognitivnim funkcijama, budući da omogućavaju modulaciju aktivnosti kortikalnih zona zdravog mozga u eksperimentalnim uslovima. Kako će u ovom istraživanju biti korišćena tDCS, u daljem tekstu biće prikazane teorijske osnove i mehanizam primene ove tehnike, kao i pregled dosadašnjih rezultata primene tDCS u ispitivanju viših kognitivnih funkcija.

#### 1.3.1 Transkranijalna stimulacija jednosmernom strujom (tDCS)

Transkranijalna stimulacija jednosmernom strujom je neinvazivna tehnika kojom se direktnim putem utiče na kortikalnu ekscitabilnost kroz aplikaciju slabe električne struje između dve (ili više) površinski postavljenih elektroda različitog polariteta. Tako postoje dva tipa stimulacije: anodna (pozitivni pol) i katodna (negativni pol). Struja koja putuje od jedne do druge elektrode, zavisno od tipa stimulacije, pojačava ili snižava

---

<sup>7</sup> Postoji veći broj vrsta i protokola za primenu TMS-a, kako u ekperimentalnom tako i u kliničko-terapijskom setingu, npr. repetitivna transkranijalna magnetna stimulacija (rTMS), "theta burst" stimulacija sa intermitentnim (iTBS) i kontinuiranim protokolom (cTBS) uparena asocijativna stimulacija (PAS), itd. TMS funkcioniše tako što emituje kratke pulseve elektromagnetnog polja iznad skalpa kojim indukuje električnu struju u moždanom tkivu ispod mesta aplikacije, na taj način modulirajući generisanje akcionih potencijala (za više informacija vidi npr. Epstein, Wassermann, & Ziemann, 2012).

neuralnu ekscitabilnost ispod lokusa aplikacije. Tako, anodna stimulacija pojačava neuralnu aktivnost u blizini anode, a katodna stimulacija smanjuje kortikalnu ekscitabilnost u blizini katode. Stimulacija svoje efekte na ćelijskom nivou ostvaruje delujući na spontani membranski potencijal putem njegove depolarizacije ili hiperpolarizacije (Nitsche et al., 2008; Stagg & Nitsche, 2011; Utz, Dimova, Oppenländer, & Kerkhoff, 2010). Tako, npr. prilikom pozitivne (anodne) stimulacije, depolarizacija ćelijske membrane dovodi do povećane ekscitabilnosti te povećane učestalosti spontanog pražnjenja neurona. Sa druge strane, katodna (negativna) stimulacija dovodi do hiperpolarizacije ćelijske membrane, koja za posledicu ima sniženo spontano "paljenje" ćelija, te smanjenu neuralnu ekscitabilnost (Nitsche et al., 2008; Utz et al., 2010). Za razliku od drugih tehnika neuromodulacije koje direktno utiču na generisanje akcionih potencijala, poput TMS/rTMS, tDCS modulira spontanu aktivnost neurona delujući na njihov membranski potencijal, posledično menjajući njihov prosečni nivo pražnjenja (Nitsche et al., 2008; Priori, Hallett, & Rothwell, 2009). Pretpostavlja se da tDCS svoje efekte ostvaruje modulacijom aktivnosti NDMA receptora, te da u osnovi njenih naknadnih efekata na kortikalnu ekscitabilnost stoje mehanizmi slični dugoročnoj potencijaciji (engl. *long term potentiation, LTP*) i depresiji (engl. *long term depression, LTD*) (Stagg & Nitsche, 2011). Naime, veruje se da tDCS ove efekte ostvaruje modulacijom sinaptičkog plasticiteteta glutamatergičkih i GABAergičkih neurona (Stagg & Nitsche, 2011). Ipak, tačni mehanizmi delovanja tDCS na sistemskom nivou još uvek nisu do kraja poznati (Giordano et al., 2017; Pelletier & Cicchetti, 2015).

Primena tDCS na različite oblasti mozga pokazala se efikasnom tehnikom za modulaciju perceptivnih, kognitivnih i bihevioralnih funkcija (Fertonani, Ferrari, & Miniussi, 2015; Nitsche & Paulus, 2011; Utz et al., 2010). Takođe, kontinuirana primena tDCS pokazala se korisnom u tretmanu različitih poremećaja i rehabilitaciji, odnosno tretmanima depresije, bipolarnog poremećaja, shizofrenije, bolesti zavisnosti, Alchajmerove i Parkinsonove bolesti, epilepsije i šloga, i sl. (Boggio et al., 2006; Brunoni et al., 2011; Clark & Parasuraman, 2014; de Aguiar, Paolazzi, & Miceli, 2015; Ferrucci et al., 2009; Koops, van den Brink, & Sommer, 2015; Kuo, Paulus, & Nitsche, 2014; Meron, Hedger, Garner, & Baldwin, 2015; Mondino et al., 2014; Nitsche & Paulus, 2011; Yokoi & Sumiyoshi, 2015).

Trajanje efekata tDCS zavisi od dužine i jačine stimulacije (Nitsche et al., 2008; Utz et al., 2010). Tako je pokazano da duža i jača stimulacija dovode do trajnijih efekata,

npr. efekti desetominutne stimulacije traju i do 60 minuta, dok stimulacija od nekoliko sekundi nema fiziološke i bihevioralne posledice (Brunoni et al., 2013; Nitsche et al., 2008). Ipak, još uvek nije sasvim jasno da li je ovaj odnos linearan (Brunoni et al., 2013; Dedoncker, Brunoni, Baeken, & Vanderhasselt, 2016; Ho et al., 2016; Nikolin, Martin, Loo, & Boonstra, 2018). Takođe, čini se da je trajanje efekata stimulacije zavisno i od stimulisane regije mozga kao i bihevioralnih varijabli od interesa (Brunoni et al., 2013; Nitsche et al., 2008). Primena tDCS se može odvijati po tzv. *on-line* ili *off-line* protokolu (Priori et al., 2009), odnosno za vreme ili neposredno pred izvođenje motornih ili kognitivnih zadataka od interesa. U dosadašnjoj literaturi nema studija koje se direktno bave poređenjem efekata primene tDCS u ova dva protokola, ali postoje indikacije da *off-line* daje bolje rezultate u pogledu nekih kognitivnih varijabli kod zdravih ispitanika (vidi Hill, Fitzgerald, & Hoy, 2016). Dodatno, neki nalazi ukazuju na to da kognitivno angažovanje tokom tDCS pojačava efekte stimulacije (Andrews, Hoy, Enticott, Daskalakis, & Fitzgerald, 2011).

Primena tDCS predstavlja neinvazivnu i bezbednu tehniku neuromodulacije (Bikson, Datta, & Elwassif, 2009; Fertonani et al., 2015; Fregni et al., 2016; Krishnan, Santos, Peterson, & Ehinger, 2015; Kronberg, Bridi, Abel, Bikson, & Parra, 2018; Nitsche et al., 2003; Nitsche & Paulus, 2011; Nitsche et al., 2008; Poreisz, Boros, Antal, & Paulus, 2007; Utz et al., 2010; Woods et al., 2017). Osnovni sigurnosni kriterijumi u vezi sa primenom tDCS obuhvataju vremensko trajanje stimulacije (najčešće 20-40min), veličinu elektroda ( $\geq 5 \times 5 \text{cm}$ , tj.  $25 \text{cm}^2$ ) i jačinu stimulacije ( $\leq 2 \text{mA}$ ), kao i iz njih izvedenu gustinu struje koja ne bi trebalo da prelazi  $0.080 \text{ mA/cm}^2$  (Brunoni et al., 2013; Nitsche et al., 2003; Nitsche et al., 2008; Poreisz et al., 2007; Utz et al., 2010). Primena tDCS nema dugoročne negativne posledice po zdravlje, ali se kod nekih osoba mogu javiti, po pravilu kratkotrajne, nuspojave kao što su senzacije blagog peckanja ili svraba na koži ispod elektorda, tipično u prvih nekoliko sekundi stimulacije (Fertonani et al., 2015; Krishnan et al., 2015; Poreisz et al., 2007).

Konačno, u poređenju sa drugim tehnikama neuromodulacije, npr. TMS-om, tDCS omogućava uverljivije sprovođenje placebo intervencije<sup>8</sup>, znatno je jeftinija, lakša za primenu i praćena je manjim brojem i intenzitetom neželjenih efekata, i većom

---

<sup>8</sup> U placebo situaciji ustaljena je praksa aplikacije stimulacije u trajanju od 30 sekundi na početku i na kraju tretmana, jer je senzacija tad najizraženija, što dovodi do nemogućnosti diferencijacije prave i lažne stimulacije od strane ispitanika (Nitsche et al., 2008).



mobilnošću opreme, kao i ispitanika za vreme samog tretmana (Nitsche et al., 2008; Poreisz et al., 2007; Priori et al., 2009; Utz et al., 2010). Sa druge strane, osnovne mane tDCS su slabija temporalna rezolucija i fokalnost (Priori et al., 2009; Utz et al., 2010). Ipak imajući u vidu da prema svim dosadašnjim nalazima u osnovi viših kognitivnih procesa stoje široke kortikalne zone čini se da prednosti ove tehnike značajno premašuju njena ograničenja.

#### **1.4 Modulacija viših kognitivnih funkcija primenom tDCS: Dosadašnja istraživanja**

Kako prikaz svih ranijih istraživanja prevazilazi obim ovog rada, na ovom mestu, pregled će biti ograničen na nalaze ranijih studija neuromodulacije viših kognitivnih funkcija u kojima je tDCS primenjena na zdravim ispitanicima, kao i na studije koje su koristile relativno jednostavne zadatke egzekutivnih funkcija koje je u skladu sa teorijskim konsenzusom moguće nedvosmisleno svrstati u markere jedne od tri postulirane egzekutivne funkcije<sup>9</sup>, kao i studije koje su koristile standardne mere kognitivnih sposobnosti.

##### **1.4.1 Efekti tDCS na kognitivne sposobnosti**

Empirijska evidencija o efektima neinvazivne neuromodulacije na kognitivne sposobnosti je veoma ograničena, budući da efekti tDCS na kompleksne kognitivne zadatke kakvi se sreću u standardnim testovima inteligencije još uvek nisu sistematski ispitivani. Jedna od retkih studija koje su se bavile ovom tematikom (Sellers et al., 2015) ispitivala je uticaj anodne stimulacije levog i desnog DLPFC-a, kao i bilateralne stimulacije ovih zona na učinak u zadacima WAIS IV baterije testova kognitivnih sposobnosti (engl. *Wechsler Adult Intelligence Scale 4<sup>th</sup> edition*; Wechsler, 2008). Rezultati studije su pokazali da stimulacija, suprotno očekivanjima, ostvaruje negativan efekat na ukupan skor na bateriji kognitivnih testova, pre svega usled degradacije učinka

---

<sup>9</sup> Kako većina dosadašnjih NI studija i studija neinvazivne tDCS poistovećuje radnu memoriju sa egzekutivnom funkcijom ažuriranja, i kako ove studije gotovo ekskluzivno koriste tipične testovne markere ažuriranja (npr. *n-unazad zadatak*) i kako na konceptualnom i neuralnom planu razgraničenje između ova dva konstrukta nije sasvim jasno, u ovom radu radna memorija i ažuriranje biće naizmenično korišćeni, uz svest o tome da iako zadaci ažuriranja predstavljaju dobru aproksimaciju kapaciteta radne memorije (Wilhelm et al., 2013) i imaju nesumnjivu pojavnu validnost za merenje radne memorije dosadašnja empirijska evidencija ne govori u prilog njihovoj istovetnosti (Jaeggi, Buschkuhl, Perrig, & Meier, 2010; Kane, Conway, Miura, & Colflesh, 2007).

na indeksu perceptualnog rezonovanja, dok efekat na postignuća na ostalim subskalama testa nije detektovan. Ipak, ovoj studiji se može uputiti veći broj metodoloških zamerki<sup>10</sup>.

Sa druge strane, dve studije koje su se fokusirale na mogućnost modulacije učinka na testovima fluidnih sposobnosti korišćenjem transkranijalne alternirajuće struje (engl. *transcranial Alternating Current Stimulation, tACS*)<sup>11</sup> ukazale su na potencijal ove tehnike da na predvidiv način modulira učinak u kompleksnim kognitivnim zadacima. Tako je u jednoj od njih ispitivan efekat stimulacije DLPFC i PPC leve hemisfere korišćenjem aktivne teta tACS, a rezultati su pokazali da stimulacija parijetalnih oblasti dovodi do poboljšanja učinka na markeru *Gf*, pre svega na težim ajtemima, dok su efekti stimulacije prefrontalnih oblasti dominantno ograničeni na lake zadatke, ali i da efekti ove stimulacije zavise od vrste korišćene bihevioralne mere (Pahor & Jaušovec, 2014). Pozitivni efekti tACS levog parijetalnog korteksa na učinak na težim zadacima fluidnog rezonaovanja, ali ne i merama vizuospacijalnih sposobnosti demonstrirani su i u jednoj kasnijoj studiji (Neubauer, Wammerl, Benedek, Jauk, & Jaušovec, 2017).

#### **1.4.2 Efekti tDCS na radnu memoriju / egzekutivnu funkciju ažuriranja**

Najveći broj dosadašnjih istraživanja bavio se ispitivanjem efekata neuromodulacije na radnu memoriju, odnosno egzekutivnu funkciju ažuriranja. Tako je u većem broju studija pokazano da anodna stimulacija levog DLPFC-a dovodi do boljeg učinka na standardnim merama radne memorije/ažuriranja (Andrews et al., 2011; Berryhill & Jones, 2012; Fregni et al., 2005; Gill, Shah-Basak, & Hamilton, 2015; Gladwin, den Uyl, Fregni, & Wiers, 2012; Hoy et al., 2013; Jeon & Han, 2012; Keeser et al., 2011; Keshvari, Pouretmad, & Ekhtiari, 2013; Lally, Nord, Walsh, & Roiser, 2013; Martin, Liu, Alonzo, Green, & Loo, 2014; Meiron & Lavidor, 2013; Mulquiney, Hoy, Daskalakis, & Fitzgerald, 2011; Nozari & Thompson-Schill, 2013; Ohn et al., 2008; Park, Seo, Kim, & Ko, 2014; Pope, Brenton, & Miall, 2015; Teo, Hoy, Daskalakis, & Fitzgerald, 2011; Trumbo et al., 2016; Zaehle, Sandmann, Thorne, Jäncke, & Herrmann,

---

<sup>10</sup> Uprkos odsustvu empirijske evidencije o trajanju efekata stimulacije preko 60 minuta, autori zadaju bateriju testova čija administracija traje oko dva sata, pri čemu redosled testova nije bio kontrabalansiran i nisu bile primenjene paralelne forme. Dodatno referentna elektroda (katoda) je bila pozicionirana iznad pozicije Cz (po Međunarodnom 10-20 sistemu), te je, budući da ova elektroda nije neaktivna, mogla negativno uticati na kortikalnu ekscitabilnost regija ispod Cz.

<sup>11</sup> Osnovna razlika između tDCS i tACS, je što je kod tDCS intenzitet stimulacije konstantan tokom celog trajanja stimulacije dok se kod tACS intenzitet oscilira oko 0 (između -1.5 mA i 1.5mA), primenjujući na taj način i anodnu i katodnu stimulaciju nazimenično

2011). Ipak manji broj studija nije uspeo da potvrdi ove efekte (Bogdanov & Schwabe, 2016; Giglia et al., 2014; Martin et al., 2013; Motohashi, Yamaguchi, Fujii, & Kitahara, 2013; Mulquiney et al., 2011; Mylius et al., 2012; Nilsson, Lebedev, & Lövdén, 2015; Nozari & Thompson-Schill, 2013; Sellers et al., 2015). Takođe, u jednoj studiji koja se fokusirala na stimulaciju levog VLPFC nije zabeležen efekat, kako anodne tako ni katodne stimulacije (Lukasik et al., 2018).

Pozitivni efekti anodne stimulacije desnog DLPFC-a demonstrirani su u manjem broju istraživanja (Berryhill & Jones, 2012; Giglia et al., 2014; Jeon & Han, 2012; Meiron & Lavidor, 2013; Trumbo et al., 2016; Wu et al., 2014), dok neke studije ovakve efekte nisu pronašle (Keshvari et al., 2013; Mylius et al., 2012; Sellers et al., 2015). Sa druge strane, ispitivanje efekata katodne stimulacije levog DLPFC-a samo se sporadično sreće u literaturi, a nalazi su oprečni, tj. dok jedne studije pokazuju predviđene inhibitorne efekte ovog tipa stimulacije (Zaehle et al., 2011), u drugim studijama ovakvi efekti izostaju (Fregni et al., 2005; Mylius et al., 2012; Pope et al., 2015). Efekti katodne stimulacije desnog DLPFC-a nisu dobijeni (Mylius et al., 2012). Uprkos često naglašavanom značaju parijetalnih zona u radnoj memoriji, prema našem saznanju samo jedna studija pokušala je da demonstrira modulacione efekte (anodne i katodne) na učinak u standardnim zadacima radne memorije, ali dobijeni rezultati nisu konkluzivni (Sandrini, Fertonani, Cohen, & Miniussi, 2012).

### **1.4.3 Efekti tDCS na egzekutivnu funkciju inhibicije**

Efekti tDCS na egzekutivnu funkciju inhibicije znatno su ređe ispitivani, a većina ovih studija usmerila se na anteriorne zone mozga. Tako je demonstrirano da je moguće poboljšati učinak u zadacima inhibicije anodnom stimulacijom desnog inferiornog korteksa (Castro-Meneses, Johnson, & Sowman, 2016; Ditye, Jacobson, Walsh, & Lavidor, 2012; Hogeveen et al., 2016; Jacobson, Goren, Lavidor, & Levy, 2012; Leite et al., 2018; Stramaccia et al., 2015), levog i desnog orbitofrontalnog korteksa (Ouellet et al., 2015), levog DLPFC-a (Jeon & Han, 2012; Karuza et al., 2016), levog (Loftus, Yalcin, Baughman, Vanman, & Hagger, 2015) i desnog DLPFC-a (Jeon & Han, 2012), kao i pre-suplementarne motorne zone (preSMA) (Hsu et al., 2011; Kwon & Kwon, 2013; Yu, Tseng, Hung, Wu, & Juan, 2015). Ipak, neke studije pokazuju da anodna stimulacija desnog (Beeli, Casutt, Baumgartner, & Jäncke, 2008; Stramaccia et al., 2015; Zmigrod, Zmigrod, & Hommel, 2016), odnosno levog DLPFC-a (Plewnia et al., 2012), kao ni

desnog inferiornog frontalnog korteksa (Cunillera, Brignani, Cucurell, Fuentemilla, & Miniussi, 2016; Sallard, Mouthon, De Pretto, & Spierer, 2018) nema uticaj na inhibitornu kontrolu. Sa druge strane, pokazalo se da katodna stimulacija smanjuje sposobnost inhibicije ukoliko se aplicira iznad desnog DLPFC-a (Beeli et al., 2008; Zmigrod et al., 2016). Sa druge strane, negativni efekti katodne stimulacije desnog DLPFC, desnog inferiornog korteksa (Stramaccia et al., 2015), kao ni levog DLPFC na učinak u zadacima inhibicije u nekim studijama nisu dobijeni (Karuza et al., 2016). Prema našem saznanju nijedna studija nije ispitivala anodne efekte tDCS na parijetalne zone mozga u kontekstu modulacije egzekutivne funkcije inhibicije, uprkos tome što nalazi NI studija ukazuju na značaj ovih regiona (Alvarez & Emory, 2006; Niendam et al., 2012).

#### **1.4.4 Efekti tDCS na egzekutivnu funkciju premeštanja**

Najmanji broj studija stavio je u fokus efekte neuromodulacije na funkciju premeštanja. Efekti tDCS na uspešnost u zadacima premeštanja demonstrirani su prilikom anodne stimulacije levog DLPFC-a (Leite, Carvalho, Fregni, & Gonçalves, 2011), kao i kros-hemisferne stimulacije levog, odnosno desnog DLPFC-a (Leite, Carvalho, Fregni, Boggio, & Gonçalves, 2013). Dodatno, u jednoj studiji je ispitivana mogućnost modulacije levog parijetalnog korteksa na učinak u zadacima premeštanja. U ovom istraživanju pokazano je da i anodna i katodna stimulacija levog parijetalnog korteksa, suprotno očekivanjima, dovode do slabijeg učinka u klasičnom zadatku premeštanja (Stone & Tesche, 2009). Kao i u slučaju kognitivne inhibicije većina studija koja je imala za cilj proveru mogućnosti neuromodulacije funkcije premeštanja najvećim delom je zanemarila parijetalne oblasti o čijem učešću u ovoj kognitivnoj funkciji izveštava veći broj NI studija (Collette et al., 2006; Monsell, 2003; Niendam et al., 2012; Sohn et al., 2000; Wager et al., 2004).

### **1.5 Metodološki izazovi u istraživanju neuromodulacije viših kognitivnih funkcija**

Metodološka heterogenost navedenih studija umnogome otežava njihovo međusobno poređenje i evaluaciju dobijenih rezultata. Naime studije se značajno razlikuju u pogledu parametara stimulacije poput dužine trajanja (od 5.5 minuta do 30 minuta), intenziteta (0.26mA do 3mA), kao i lokalizacije referentnih elektroda (npr. kontralateralna supraorbitalna zona, Cz prema Međunarodnom 10-20 sistemu, kontralateralni mastoid, kontralateralni obraz, ekstrakranijalno, itd.) i veličine elektroda

(od 16cm<sup>2</sup> do 100cm<sup>2</sup>). Dodatno, istraživanja se razlikuju spram operacionalizacija različitih funkcija i kompleksnosti korišćenih zadataka, protokola pod kojima se zadaci rade (*on-line* nasuprot *off-line* protokolu), kao i korišćenih mera ishoda (tačnost, vreme reakcije, itd.), nacрта istraživanja (paralelne grupe nasuprot *cross-over* dizajnu) i tipa efekata stimulacije od interesa (kratkoročni efekti nasuprot dugoročnim efektima), itd. Konačno, najveći broj studija sproveden je na veoma malim uzorcima ( $N < 20$  ispitanika), koji značajno otežavaju detektovanje, inače relativno malih efekata stimulacije. Sve ovo za posledicu ima teško uporedive, a često i konfliktne nalaze, što sa jedne strane otežava izvođenje zaključaka o robusnosti efekata tDCS na centralna čvorišta fronto-parijetalne mreže, a sa druge, izvođenje kauzalnih zaključaka o učešću ovih regija u uspešnosti izvođenja zadataka koji mere više kognitivne funkcije.

## 1.6 Predmet, cilj i hipoteze istraživanja

Dosadašnje studije jasno ukazuju na to da individualne razlike u intelektualnim sposobnostima počivaju na integritetu sive i bele mase fronto-parijetalne mreže. Dodatno, pokazano je da su individualne razlike u volumenu moždanog tkiva kod zdravih ispitanika u relaciji sa njihovim učinkom na standardnim merama inteligencije. Sa druge strane, veliki broj psihometrijskih studija pružio je evidenciju o visokoj povezanosti kognitivnih procesa kakvi su radna memorija/egzekutivne funkcije i postavio tezu o mogućnosti redukcije viših kognitivnih funkcija na ove elementarnije mehanizme za koje se veruje da im leže u osnovi. Konačno, nalazi NI studija i studija na ispitanicima sa kognitivnim deficitima nastalim usled povreda mozga upućuju na zajedničku neuralnu mrežu koja stoji u osnovi kako egzekutivnih funkcija/radne memorije, tako i širih faktora intelektualnih sposobnosti. Ipak s obzirom na to da su NI studije u biti korelacionog karaktera one ne dopuštaju izvođenje zaključaka o kauzalnom učešću određenih zona mozga u kognitivnim zadacima. Sa druge strane studije na ispitanicima sa moždanim lezijama potencijalno prevazilaze ovaj problem, ali usled visoke specifičnosti i nedovoljne fokalnosti lezija onemogućavaju generalizaciju zaključaka. Za razliku od toga, tehnike neinvazivne stimulacije mozga imaju potencijal da putem eksperimentalne manipulacije, modulacijom predviđenih kortikalnih zona zdravog mozga, budu osnova za izvođenje kauzalnih zaključaka o neuralnim osnovama, ulozi i diferencijalnom značaju datih moždanih regija u različitim egzekutivnim funkcijama i višim kognitivnim sposobnostima.

Ranije studije koje su koristile tDCS pokazale su da je u načelu moguće modulirati kognitivne funkcije, putem neuromodulacije kortikalne ekscitabilnosti relevantnih zona velikog mozga. Ipak ovim studijama se može, pored već navedenih metodoloških kritika uputiti i veći broj konceptualnih zamerki koje su potencijalno odgovorne za heterogenost i neobuhvatnost dosadašnjih nalaza.

Najpre, većina studija pažnju je posvetila pre svega anteriornim zonama mozga, dok su posteriorne zone u velikoj meri zanemarene, uprkos nalazima o njihovoj uključenosti u egzekutivne procese. Drugo, iako je poznato da različite egzekutivne funkcije ostvaruju umerene do visoke korelacije na manifestnom i latentnom nivou i da dele sličnu neuralnu osnovu većina studija fokus stavlja na izučavanje izolovane egzekutivne funkcije, često merene jednim zadatkom, te ostaje nejasno da li modulacija konkretne egzekutivne funkcije, odnosno izvedbe konkretnog zadatka, ostvaruje efekte na druge zadatke ili funkcije koje studijom nisu obuhvaćene. Dodatno, izborom zadataka i izborom lokusa stimulacije studije često se zanemaruju potencijalnu lateralizovanost i domen-specifičnost izučavanih funkcija. Takođe, sve navedene studije su se ograničile na stimulaciju jednog lokusa, uprkos pozitivnim nalazima o efektima simultane stimulacije više lokusa koji se primenjuju u studijama koje se bave nekognitivnim domenima (Nasseri, Nitsche, & Ekhtiari, 2015). Konačno, imajući u vidu da kompleksne intelektualne sposobnosti poput rezonovanja, rešavanja problema i sl. potencijalno dele iste bazične kognitivne mehanizme sa egzekutivnim funkcijama i oslanjaju se na zajedničku neuralnu osnovu, ostaje nejasno da li modulacija ovih mehanizama može ostvariti kognitivne efekte na intelektualne sposobnosti višeg reda.

U skladu sa tim, postavljena su dva opšta cilja ovog rada. Prvi cilj ove studije usmeren je na konstrukciju seta adekvatnih operacionalizacija kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija, koji bi po svojim karakteristikama odgovarao psihometrijskim standardima i vodećim teorijskim modelima, a koji bi bio primenjiv u eksperimentalnom okruženju u kom bi bio sproveden tDCS tretman. Drugi, primarni cilj ovog rada je eksperimentalna provera efekata tDCS na konstruisane kognitivne mere ishoda, tj. provera mogućnosti modulacije kognitivnih funkcija primenom tDCS kao i aproksimacija efekata modulacije na različite kognitivne funkcije korišćenjem sistematično selektovanog seta bihevioralnih ishodišnih mera svake od ispitivanih funkcija/sposobnosti. Specifičnije, cilj ove studije je utvrđivanje efekata anodne tDCS na ključna čvorišta fronto-parijetalne mreže i procenu njihovog diferencijalnog i specifičnog

doprinosa u različitim kognitivnim funkcijama/sposobnostima. Odluka da se ispituju efekti anodne, ali ne i katodne stimulacije doneta je na osnovu dosadašnjih istraživanja koja ukazuju na očekivane ekscitatorne efekte anodne, ali ne nužno inhibitorne efekte katodne stimulacije, bar kada je reč o kognitivnom domenu (Jacobson, Koslowsky, & Lavidor, 2012). Takođe, ovo istraživanje usmereno je na pitanje lateralizacije ispitivanih funkcija/sposobnosti proverom diferencijalnih efekata stimulacije leve, odnosno desne hemisfere na učinak u domen-specifičnim zadacima ovih funkcija. Dodatno, ova studija pokušaće da pruži odgovor na pitanje o prirodi povezanosti i učešću egzekutivnih funkcija u višim kognitivnim procesima eksperimentalnom modulacijom njihovih pretpostavljenih deljenih neuralnih osnova. Konačno, ova studija ima za cilj proveru efektivnosti simultane stimulacije dva lokusa fronto-parijetalne mreže i proveru njenog efekta na izučavane funkcije/sposobnosti, kao i evaluaciju ove stimulacije u poređenju sa standardnim stimulacijama jednog lokusa, što do sada nije ispitivano ni u jednom istraživanju.

U skladu sa nalazima ranijih studija, kao i ciljevima ovog istraživanja postavljene su sledeće hipoteze:

*H1: Stimulacija leve hemisfere dovešće 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.* U skladu sa dosadašnjim nalazima o funkcionalnoj asimetriji hemisfera, očekuje se da neuralne osnove, te i efekti neuromodulacije zavise od domena ispoljavanja kognitivnih funkcija. Takođe, u skladu sa mehanizmima delovanja tDCS i dosadašnjim dokumentovanim efektima, očekuje se da će pozitivna polarizacija (anodna stimulacija), uopšteno gledano, imati facilitirajući uticaj na kognitivne funkcije ispoljene u datom domenu, te dovesti do boljeg učinka u zadacima kojima su ove funkcije operacionalizovane.

*H2: Modulacija frontalnih zona dovešće 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 biće približno podjednak.* Naime, dosadašnja empirijska građa ne daje osnov za postuliranje diferencijalnog uticaja neuromodulacije na različite faktore sposobnosti.

*H4: Neuromodualcija će dovesti do približno podjednakih efekata na egzekutivne funkcije ažuriranja, inhibicije i premeštanja.* Ovakvo očekivanje bazirano je na dosadašnjim nalazima studija neuromodulacije, ali i NI studijama koje ukazuju na preklapajuće neuralne osnove različitih egzekutivnih funkcija.

*H5: Neuromodualcija će 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 koji potencijalno zavise od mnoštva specifičnih sposobnosti koje se oslanjaju na širu neuralnu mrežu.

*H6: Simultana, bi-lokusna stimulacija dovešće 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, očekuje se da će simultana stimulacija (istog polariteta) dva glavna čvorišta fronto-parijetlane 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.* Ponovo, 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: Modulacija frontalnih zona rezultovaće snažnijim efektima na zajedničku varijansu zadataka sve tri egzekutivne funkcije, kao i specifičnu varijansu ažuriranja, nego na specifičnu varijansu inhibicije i premeštanja.* Ovakva diferencijacija u slučaju modulacije parijetalnih zona neće biti dobijena. Ova hipoteza je eksplorativnog karaktera.

Radi davanja odgovora na postavljena istraživačka pitanja i proveru postuliranih hipoteza u okviru ove studije korišćen je dizajn sa ponovljenim merenjima, što



podrazumeva četiri eksperimentalne sesije (prefrontalna, parijetalna, bi-lokusna i lažna stimulacija). Kako je većina testova kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija konstruisana za potrebe procene u jednoj vremenskoj tački, početna faza istraživanja bila je usmerena na konstrukciju četiri forme baterija testova i zadataka za procenu kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija od interesa. Naime, u okviru početne faze studije konstruisana su po dva testovna markera za svaki od četiri faktora intelektualnih sposobnosti – *Gf*, *Gc*, *Gv*, i *Gs*, kao i po dva zadatka egzekutivnih funkcija ažuriranja, inhibicije i premeštanja. Polovina zadataka je konstruisana u verbalnom, a polovina u neverbalnom domenu, pri čemu je svaki od testova/zadataka konstruisan u četiri forme.

Prilikom konstrukcije testova/zadataka za svaku od sposobnosti, odnosno egzekutivnu funkciju posebna pažnja posvećena je tome da instrumenti predstavljaju adekvatne empirijske markere pretpostavljenih latentnih dimenzija, a koji bi svoje uporište imali u prethodnim operacionalizacijama i konceptualizacijama datih sposobnosti/funkcija. Pri odabiru formata testova/zadataka vođeno je računa o tome da za svaku od mera bude moguća konstrukcija visoko paralelnih formi istog testa/zadatka koje bi bile sačinjene od psihometrijski najadekvatnijih zadataka iz početnog seta, a koje bi se bazirale na empirijski deriviranim parametrima. Dodatno, imajući na umu ograničeno trajanje efekata neuromodulacije, kao i broj ispitivanih kognitivnih funkcija, prilikom konstrukcije testova/zadataka poseban akcenat stavljen je na ekonomičnost procene. Naime, prilikom operacionalizacije fokus je postavljen na formiranje baterija testova koje bi omogućile veoma ekonomičnu procenu kognitivnih sposobnosti postuliranih u okviru vodećeg teorijskog modela ljudskog intelekta (McGrew, 2009), odnosno egzekutivnih funkcija pretpostavljenih trofaktorskim modelom elementarnih kontrolnih mehanizama kognicije (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012). Konačno, prilikom konstrukcije instrumenata vođeno je računa o usklađivanju težine zadataka sa populacijom kojoj su zadavani u okviru eksperimentalne faze. Naime, budući da su u eksperimentalnoj fazi studije učestvovali mladi, zdravi, i uglavnom visokoobrazovani ispitanici bilo je neophodno podesiti težinu konstruisanih zadataka svojstvima ove populacije te ih učiniti u dovoljnoj meri diskriminativnim.

Na narednim stranicama prikazan je proces razvoja instrumentarijuma za procenu viših kognitivnih funkcija, praćen psihometrijskom evaluacijom i validacijom konstruisanih testova/zadataka, te proverom relacija između kognitivnih sposobnosti i

egzekutivnih funkcija na psihometrijskom nivou, nakon čega su prikazani rezultati eksperimentalne faze studije.

## **2 RAZVOJ I EVALUACIJA BATERIJE ZA PROCENU VIŠIH KOGNITIVNIH FUNKCIJA: PSIHOMETRIJSKA FAZA**

### **2.1 Razvoj instrumenata**

Većina postojećih baterija testova sposobnosti i zadataka egzekutivnih funkcija konstruisana je za potrebe merenja kognitivnih sposobnosti, odnosno egzekutivnih funkcija, a u cilju procene relativno stabilnih individualnih razlika u ovim sposobnostima. U skladu sa tim, široko korišćene baterije za procenu kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija uključuju samo jednu standardizovanu formu svakog od markera pojedinačnih sposobnosti/funkcija. Takođe, postojeće baterije za obuhvatnu procenu intelektualnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija, u cilju adekvatnog merenja pretpostavljenih kognitivnih struktura sa psihometrijskog stanovišta konstruisane su tako da u pogledu osnovnih formalnih karakteristika poput vremena administracije i broja zadataka predstavljaju relativno neekonomične instrumente.

U odsustvu dovoljno širokog korpusa adekvatnih testova koji bi omogućili pouzdanu i ekonomičnu procenu kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija u više vremenskih tačaka, u ovom delu biće predstavljen razvoj instrumenata koji će biti korišćeni u eksperimentalnom delu istraživanja.

Konstrukcija testova, vođena je, sa jedne strane, praktičnim potrebama, tj. bilo je neophodno izvršiti obuhvatnu, ali ekonomičnu procenu viših kognitivnih funkcija, a sa druge strane, teorijskim i psihometrijskim principima, tj. konstrukcijom instrumenata koji bi predstavljali adekvatne markere latentnih dimenzija postuliranih u okviru CHC modela (Carroll, 1993, 1997, 2005; McGrew, 2009), odnosno trofaktorskog modela egzekutivnih funkcija (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012).

U ovom delu, najpre će biti opisan proces konstrukcije baterije testova za procenu intelektualnih sposobnosti, zajedno sa inicijalnom proverom njihovih internih psihometrijskih svojstava i konstrukcijom paralelnih formi ovih testova, a zatim će biti izložen opis i princip konstrukcije paralelnih formi zadataka egzekutivnih funkcija.

## 2.1.1 Razvoj testova intelektualnih sposobnosti

Za potrebe procene intelektualnih sposobnosti konstruisano je ukupno osam testova, po dva za svaki od četiri široka faktora pretpostavljenih CHC modelom, u po četiri forme. Zadaci koji predstavljaju operacionalizacije  $Gf$ ,  $Gc$  i  $Gv$  konstruisani su za kompjutersko zadavanje preko TotalAssessment platforme, dok su testovi  $Gs$  napravljeni za zadavanje u papir-olovka formatu.

### 2.1.1.1 Operacionalizacije fluidnih sposobnosti

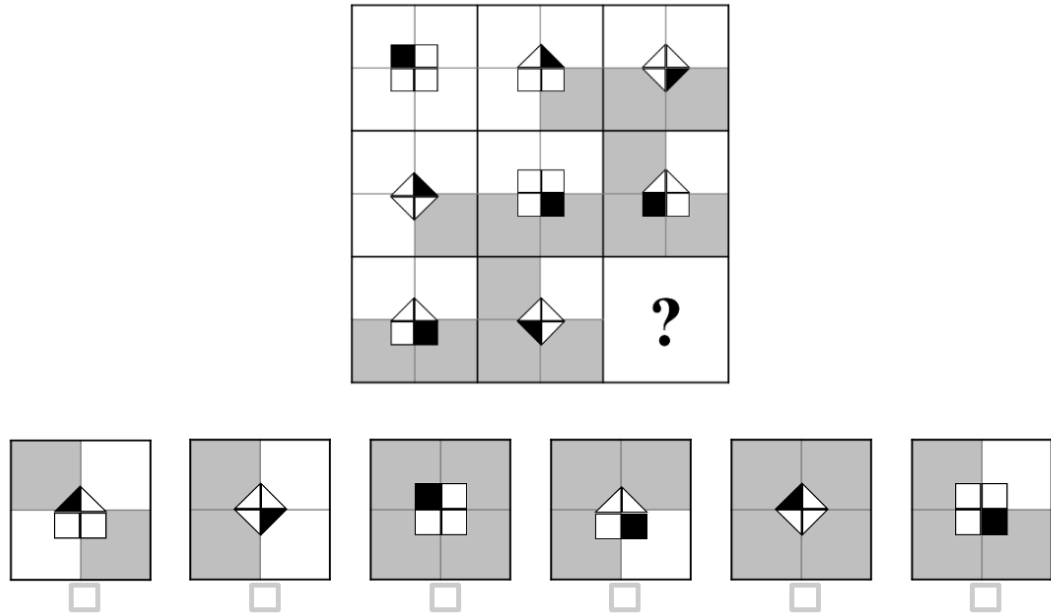
Kao testovni markeri  $Gf$  odabrana su dva široko korišćena formata testa – matrice za procenu fluidnih sposobnosti u neverbalnom i analogije za procenu fluidnih sposobnosti u verbalnom modalitetu.

#### 2.1.1.1.1 Matrice

Materijal koji se obično koristi u proceni  $Gf$  je ili podjednako poznat ili nepoznat ispitanicima (Cattell, 1987). Matrice kao jedna od najšestice korišćenih operacionalizacija figuralnog rezonovanja snažno su zasićene  $G$  faktorom budući da poseduju visok stepen složenosti i zahtevaju visok nivo apstrakcije (Snow, Kyllonen, & Marshalek, 1984). U skladu sa tim, neki autori smatraju ovu vrstu testova jednim od najboljih neverbalnih testova fluidnih sposobnosti, kao i “čistom” merom  $G$  faktora (Carpenter et al., 1990; Carroll, 1993; Horn, 1979; Jensen, 1998; Snow et al., 1984; Spearman, 1946; Vernon & Parry, 1949).

Početni set zadataka u najvećoj meri je preuzet iz ranijih studija (Živanović, Bjekić, & Opačić, 2018a, 2018b) u okviru kojih je razvijen, psihometrijski evaluiran i validiran veći broj zadataka u formi matrica sa višestrukim rešenjima. Svi zadaci su adaptirani tako da se od ispitanika traži davanje samo jednog odgovora po zadatku, kako bi format testa odgovarao standardnim matricama (vidi Živanović et al., 2018a). Zadaci su koncipirani tako da se mogu sastojati od matrica  $2 \times 2$ , matrica  $3 \times 3$  ili nizova figura ( $1 \times 6$ ). U svakom zadatku figure u matrici se smenjuju po određenom redosledu u skladu sa pravilima koja važe u datoj matrici/nizu. U svakom zadatku jedno polje matrice/niza je prazno i ono se može naći na bilo kom mestu u matrici. Zadatak ispitanika je da za svaku prezentovanu matricu ili niz figuralnih elemenata detektuje i shvati pravila koja važe u matrici, a zatim da među šest ponuđenih odgovora pronađe onaj element koji na

najbolji način upotpunjuje matricu vodeći se pravilima koja u njoj važe. Primer zadatka iz testa Matrica prikazan je na Slici 1. U primeru sa slike tačan odgovor je treća figura jer je u pitanju jedina opcija koja sledi sva pravila koja važe u matrici.



Slika 1. Primer zadatka iz testa Matrica

Inicijalno je konstruisano 76 zadataka, koji su preliminarno poređani po težini u skladu sa empirijskim nalazima iz ranijih studija (Živanović et al., 2018a, 2018b). Nakon, toga formirana su dva seta zadataka – jedan koju su činili “parni” i drugi koju su činili “nerarni” zadaci, vodeći se rednim brojevima sa liste na kojoj su poređani po težini, a sa ciljem da oba seta sadrže zadatke svih nivoa težine te da bi obe forme testa bile približno podjednake težine.

Vremensko ograničenje za rešavanje je postavljeno na nivou zadatka, a ne celog testa, kako bi svaki ispitanik bio u prilici da pokuša da reši svaki od zadataka, te kako bi empirijski podaci o težini i drugim psihometrijskim svojstvima bili prikupljeni za sve zadatke. Vremensko ograničenje po zadatku postavljeno je na 30 sekundi, a zasnovano je na prosečnom vremenu potrebnom za rešavanje svih zadataka koje je dobijeno u jednoj ranijoj studiji (Živanović & Opačić, 2019).

#### 2.1.1.1.2 Fluidne analogije

Analogije predstavljaju testovnu formu koja se često koristi u proceni fluidnih kapaciteta osobe kada je fokus procene na verbalnom modalitetu (vidi Wilhelm, 2005).

Slično kao kod drugih mera fluidnih sposobnosti pri konstrukciji analogija potrebno je voditi računa o tome da stimuli, tj. značenje korišćenih pojmova bude podjednako poznato svim ispitanicima ukoliko se teži ekskluzivnoj proceni *Gf* (Horn, 1979). Između većeg broja mogućih formata testa analogija odabran je onaj gde je zadatak ispitanika da, za svaku od zadatih relacija između dva pojma, među pet ponuđenih parova odabere onaj kod kog je relacija između prvog i drugog pojma u paru istovetna ili najbližnja onoj u zadatom paru pojmova. Primer zadatka iz testa Fluidnih analogija prikazan je na Slici 2.

## IZVOR : REKA =

- temelj : kuća
- talas : kopno
- brod : krstarenje
- početak : kraj
- lopata : zemlja

Slika 2. Primer zadatka iz testa Fluidnih analogija

Zadaci su konstruisani tako da odnosi između pojmova koje je potrebno apstrahovati počivaju na jednom od tri široka relaciona principa: semantičkom, klasifikacionom i asocijativnom. Semantičke relacije u konstruisanim zadacima zasnovane su na odnosima sinonimije (npr. *arogantan* : *nadmen* = *pedantan* : *uredan*), antonimije (*hladno* : *toplo* = *suvo* : *mokro*) ili intenziteta (npr. *ogromno* : *veliko* = *pijan* : *pripit*) datog kvaliteta. Relacije zasnovane na klasifikaciji su one koje specifikuju odnos podređene i nadređene kategorije (npr. *ruža* : *cvet* = *karmin* : *šminka*) i odnos dela i celine (*godina* : *vek* = *stotinka* : *sekund*). Asocijativne relacije zasnovane su na karakteristikama objekata (npr. *vosak* : *sveća* = *cigla* : *kuća*), sekvencijalnosti, odnosno prostornoj ili vremenskoj nužnosti redosleda objekata u datoj relaciji (npr. *seme* : *plod* = *dete* : *čovek*), kao i agent-objekat relacijama koje obuhvataju relacije upotrebe objekata (npr. *krojač* : *igla* = *stolar* : *alat*), funkcionalne relacije gde se odnos zasniva na upotrebnom odnosu (npr. *kormilo* : *sidro* = *volan* : *kočnica*), zatim relacije omogućavanja/sprečavanja funkcije (npr. *vakcina* : *epidemija* = *kiša* : *suša*), kao i kauzalne relacije (npr. *udarac* : *bol* = *golicanje* : *smejanje*). Prilikom konstrukcije zadataka vođeno je računa o tome da

ponuđene relacije između pojmova, uključujući i tačno rešenje, budu iz različitog domena u odnosu na onaj koji je zadat kako ispitanik ne bi mogao da dođe do tačnog rešenja pukom semantičkom asocijacijom između parova pojmova (vidi Sliku 2). Drugim rečima, zadaci su konstruisani tako da dolazak do tačnog rešenja zahteva visok nivo apstrakcije te angažuje kognitivne procese definišuće za fluidne sposobnosti (Carroll, 1993; 1997, 2005; McGrew, 1997, 2009).

Ukupno je osmišljeno 166 zadataka analogija, koji su preliminarno sortirani po težini na osnovu konsenzusa dva procenjivača koji su analizirali zahteve pojedinačnih zadataka i njihovu kompleksnost. Nakon toga zadaci su podeljeni na “parni” i “neparni” set (po 83 zadataka) na isti način kao i zadaci Matrica, ponovo kako bi se u oba seta, načelno, našli zadaci svih nivoa težine.

Vremensko ograničenje je postavljeno na 20 sekundi po zadatku. Imajući u vidu da su analogije zamišljene kao test snage može se očekivati da ispitanici koji ne uspeju da reše zadatak za 20 sekundi to ne bi bili u mogućnosti da učine ni kada bi na raspolaganju imali više vremena. Postavljeno vremensko ograničenje bi se moglo smatrati relativno liberalnim budući da su sami elementi zadatka relativno jednostavni u smislu da se u svakom ajtemu nalazi 12 relativno frekventnih reči (zadati par i pet parova ponuđenih kao odgovori). Tako se može očekivati da učinak u zadatku veoma malo zavisi od utroška vremena u čitanju, a dominantno od sposobnosti ispitanika da uvidi i ekstrapolira odnose među pojmovima. Konačno, ovakav način zadavanja testa omogućava pribavljanje psihometrijskih pokazatelja kvaliteta za svaki od inicijalno konstruisanih zadataka.

#### ***2.1.1.2 Operacionalizacije kristalizovanih sposobnosti***

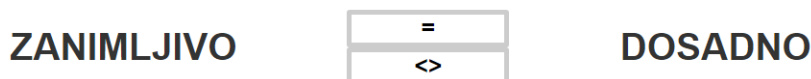
Prema CHC teoriji inteligencije, *Gc* obuhvata sposobnosti u domenu poznavanja koncepata kulture, informacija iz različitih domena znanja i dubinu poznavanja jezika, kao i uspešnosti primene ovih znanja (Carroll, 1993; McGrew, 2009), te se najčešće meri verbalnim testovima. Sa tim u skladu, za procenu ovih sposobnosti konstruisana su dva verbalna testa koja bi za cilj imala da obuhvate definišuće aspekte *Gc* – test Sinonima-antonima i test Kristalizovanih asocijacija.

#### 2.1.1.2.1 Test sinonim-antonim

Test sinonima-antonima konstruisan je po uzoru na AL4 iz baterije testova intelektualnih sposobnosti KOG9 (Wolf, Momirović, & Džamonja, 1992), koji je namenjen proceni verbalnih sposobnosti, odnosno efikasnosti serijalnog procesora, a koji se može shvatiti kao redukovana varijanta Gc.

Predmet merenja ovog testa je efikasnost i brzina procesiranja relativno jednostavnih i poznatih verbalnih stimulusa. Naime, zadatak ispitanika je da za svaki prikazani par reči što brže i tačnije donese binarnu odluku te označi da li reči u paru imaju isto ili suprotno značenje. Prilikom konstrukcije testa vođeno je računa da sve reči budu relativno frekventne, a da odnosi sinonimije/antonimije ne budu upitni ili dvosmisleni. Takođe, vođeno je računa da među ajtemima ne postoje izraženije razlike u “težini” kako bi učinak u što manjoj meri zavisio od stepena poznavanja reči ili kompleksnosti relacije između dva pojma.

Ukupno je konstruisano 260 parova reči od čega su polovina bili sinonimi a druga polovina antonimi. Primer ajtema iz testa prikazan je na Slici 3.



Slika 3. Primer zadatka iz testa Sinonim-antonim

Kompletan set parova reči je na slučajan način podeljen u dva seta od po 130 sa podjednakom proporcijom sinonima i antonima u svakom. U cilju pribavljanja empirijskih pokazatelja adekvatnosti svakog ajtema testovi su zadavani bez vremenskog ograničenja uz instrukciju ispitanicima da test rade što tačnije i brže mogu.

#### 2.1.1.2.2 Kristalizovane asocijacije

Test Kristalizovanih asocijacija osmišljen je kao testovni marker aspekata Gc koji se odnose na opšte znanje i posedovanje informacija iz različitih sfera života. Postavka svakog zadatka je identična – od ispitanika se traži da među pet pojmova odabere onaj koji ne pripada datom skupu, tj. da izbací “uljeza”, pri čemu se asocijacije između pojmova zaniavaju na kristalizovanim znanjima. Po ugledu na druge testove opšte informisanosti (engl. *general knowledge tests*) (npr. Irwing, Cammock, & Lynn, 2001)



pri konstrukciji ajtema vođeno je računa o tome da se u obzir uzmu reprezentativne i relativno lako dostupne informacije iz razliĉitih domena znanja. Prilikom konstrukcije ovog testa korišćeni su sledeći široki klasteri znanja: istorija nauke i otkrića (*Tomas Edison – Aleksandar Grejm Bel – Johan Gutenberg – Džordž Gordon Bajron – Alfred Nobel*), politika (*Mihail Gorbaĉov – Džordž Buš – Ronald Regan – Henri Kisindžer – Nikita Hruščov*), sport (*Lionel Mesi – Kristijano Ronaldo – Neymar – Andreas Iniesta – Žoze Murinjo*), istorija (*Afrodita – Hera – Venera – Atena - Artemida*), likovna umetnost (*Mone – Sezan – Van Gog – Pikaso – Molier*), muziĉka umetnost (*viola – flauta – klarinet – saksofon – trombon*), geografija (*Sardinija – Tajland – Madagaskar – Java – Šri Lanka*), knjiŹevnost (*Otelo – Antigona – Kralj Lir – Magbet - Hamlet*), prirodne nauke (*Na – Hg – Al – Cu – Au*), film (*Orson Vels – Martin Skorseze – Džordž Orvel – Stenli Kjubrik – Dejvid Linĉ*), medicina/biologija (*duŹica – soĉivo – mreŹnjaĉa – papila – roŹnjaĉa*), igre (*bridŹ – remi – jamb – tablić – kanasta*), moda (*Sorbe – Guĉi – Šanel – Prada – Bvlgari*), finansije i internacionalne kompanije (*Ruska rublja – Norveška kruna – Turska lira – Australijska funta – Japanski jen*), i pop kultura (*DžorŹ Harison – Pol Makartni – Mik Džeger – DŹon Lenon – Ringo Star*).

Prilikom konstrukcije zadatka posebna paŹnja posvećena je tome da u osnovi zadatka stoji samo jedno pravilo po kom je moguće doći do taĉnog rešenja, tj. izbaciti samo jednog “uljeza” po samo jednom dominantnom kriterijumu. Kod odabira elemenata koji ĉine celinu po principu koji ih povezuje teŹilo se tome da budu relativno raznoliki u pogledu za zadatak irelevantnih karakteristika (ukoliko su u pitanju osobe teŹilo se tome da budu npr. razliĉitog umetniĉkog pravca, zemlje porekla, govornog podruĉja i sl.; ukoliko su u pitanju geografski predeli oni su poticali sa razliĉitih strana sveta, i sl.), a da, sa druge strane, “primamljivi uljezi” (engl. *attractors*) naĉelno zvuĉe poznato ispitanicima, ali da nedvosmisleno predstavljaju elemente koji ne pripadaju celini koju ĉine ostali ponuđeni odgovori. Dodatno, kako je fokus merenja ovog testa prvenstveno usmeren na znanje ispitanika, a ne sposobnost rezonovanja, prilikom konstrukcije zadatka vođeno je računa o tome da pravila koje stoje u osnovi grupisanja elemenata budu relativno jednostavna i oĉigledna za nekog ko raspolaŹe dovoljnom koliĉinom potrebnih informacija i poseduje dovoljan stepen dubine poznavanja date teme.

Kako je univerzum potencijalnog kristalizovanog znanja praktiĉno neograniĉen te i set ajtema koji bi teŹio da na reprezentativan i pouzdan naĉin meri ovu sposobnost veoma širok i raznolik, konstruisan je relativno veliki set od 190 zadatka sa pribliŹno

podjednakim brojem ajtema koji bi merili navedene domene znanja. Ovaj set je potom podeljen na dva seta od po 95 zadataka relativno ujednačenih po domenima znanja. Usled činjenice da je veoma teško i nezahvalno odrediti težinu zadataka ovog tipa te ih u skladu sa tom procenom preliminarno sortirati, zadaci su kvazi-randomizirani u okviru svakog seta.

Budući da je primarni cilj ove faze konstrukcija četiri kraća seta psihometrijski najkvalitetnijih zadataka bilo je neophodno da svaki ispitanik bude u prilici da pokuša da reši svaki zadatak kako bi informacija o psihometrijskom kvalitetu svih zadataka bila prikupljena. Dodatno, kako je ispitanicima bilo potrebno prikazati veoma veliki broj zadataka po sesiji (čak 95) vremensko ograničenje je postavljeno na 15 sekundi po zadatku. Ovo vremensko ograničenje činilo se optimalnim iz nekoliko razloga. Prvo, pred ispitanicima se nalazio veoma veliki broj zadataka ovog tipa te bi se produžavanjem vremena rešavanja ispitanici ohrabрили da kontempliraju nad pojedinim zadacima te nepotrebno produže vreme celokupnog testiranja što bi za posledicu imalo potencijalni pad koncentracije na kasnijim testovima. Drugo, postavka zadatka u ovom testu je konstantna, a ponuđeni odgovori predstavljaju veoma jednostavne stimulse. Naime, najveći broj ponuđenih odgovora sastoji se od jedne ili dve reči te samo čitanje i procesiranje pojedinačnih stimulusa ne oduzima previše vremena te se čini da ispitanik ima dovoljno vremena da uvidi princip koji grupiše ponuđene elemente iz zadatka i detektuje onaj koji datom skupu ne pripada. Konačno, kako je zadatak koncipiran tako da “pravilo grupisanja” ponuđenih elemenata bude relativno jednostavno za nekog ko raspolaže odgovarajućim znanjima čini se da produženje vremena rešavanja datoj osobi ne bi olakšalo dolazak do tačnog rešenja. Sa druge strane, produženje vremena za ispitanika koji u svom korpusu znanja ne poseduje nijednu za zadatak relevantnu informaciju ili poseduje veoma površno i/ili parcijalno znanje iz oblasti ne bi trebalo (niti je poželjno) da dovede do tačnog odgovora. U skladu sa svim rečenim, procenjeno je da vremensko ograničenje od 15 sekundi po zadatku predstavlja optimalno rešenje za ovaj test.

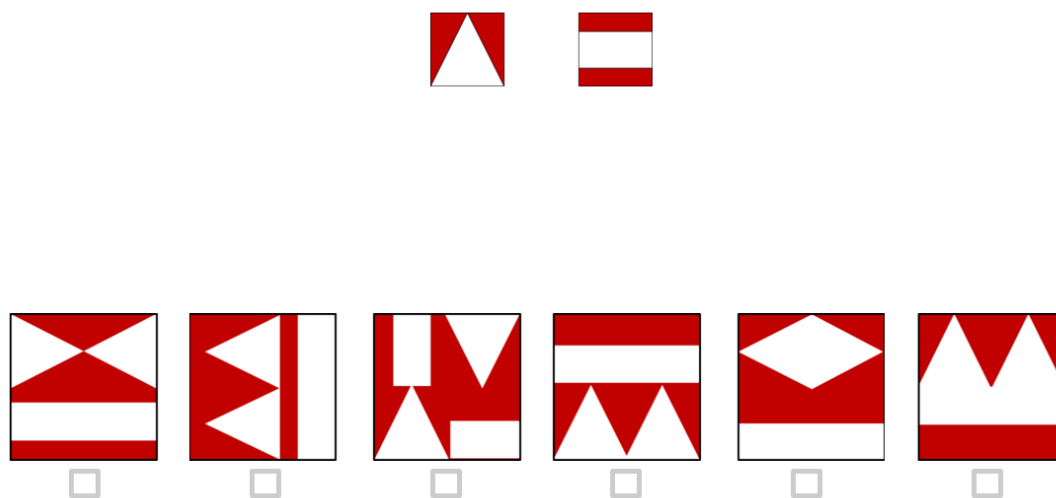
### ***2.1.1.3 Operacionalizacije faktora vizuelne percepcije***

Kako se u srži  $G_v$  nalaze sposobnosti procesiranja i manipulacije kompleksnim vizuelnim sadržajima ove sposobnosti najčešće se procenjuju figuralnim zadacima koji zahtevaju percepciju spacijalnih relacija, mentalnu rotaciju i vizuelizaciju, skladištenje i

transformaciju geometrijskih oblika i formi različite kompleksnosti (Carroll, 1993, 1997, 2005; McGrew, 1997, 2009). U skladu sa tim konstruisana su dva figuralna, neverbalna testovna markera ove sposobnosti koji za cilj imaju procenu definišućih aspekata faktora vizuelnog procesiranja – testovi Mozaik i Slagalica.

### 2.1.1.3.1 Mozaik

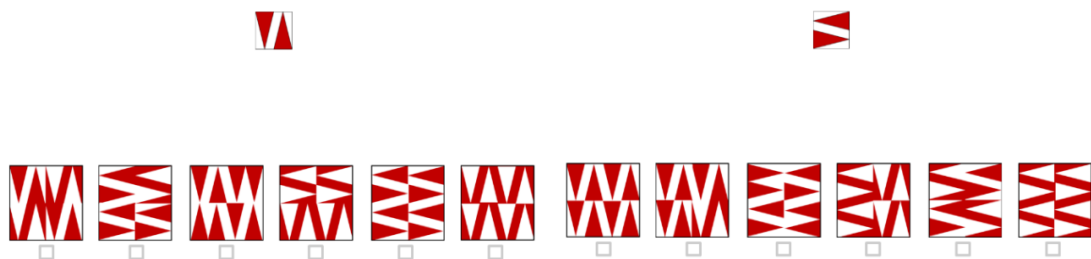
U ovom testu ispitanicima se zadaju jedan do tri elementa, a njihov zadatak je da među šest ponuđenih mozaika odaberu onaj koji može biti sastavljen kombinovanjem zadatih elemenata, tj. njihovim ređanjem jednih pored drugih. Dodatno, ispitanici moraju voditi računa o tome da se prilikom konstrukcije mozaika, svi zadati elementi moraju iskoristiti makar jedanput. Drugim rečima, svaki od zadatih elemenata se može umnožavati koliko god je puta potrebno, oni se mogu rotirati u prostoru, ali se ne smeju preklapati, već isključivo “ređati” jedan pored drugog, tj. ne sme postojati praznina između poređanih elemenata niti “višak” koji ostaje nakon kombinovanja. Konstruisani mozaici su se sastojali od dva, četiri ili šest elemenata, a na osnovu veličine mozaika bilo je moguće zaključiti koliko je elemenata potrebno za njegovo sastavljanje. U svakom zadatku postojala je samo jedna tačna opcija koja se može dobiti kombinovanjem svih zadatih elemenata sledeći navedena pravila. Primer ajtema iz ovog testa dat je na Slici 4. Tačan odgovor u ovom primeru je prvi mozaik sleva nadesno. Naime, jedino ovaj mozaik je moguće dobiti kombinovanjem oba zadata elementa, dok su preostali ponuđeni odgovori samo parcijalno tačni, tj. kod ostalih ponuđenih mozaika postoje izvesne distorzije i neregularnosti u zadatim elementima i/ili njihovom uklapanju.



Slika 4. Primer zadatka iz testa Mozaik

Težina zadataka varirana je na tri načina: 1) kroz broj zadatih elemenata pri čemu veći broj zadatih elemenata zadatak, načelno, čini težim, 2) broj elemenata od kojih se sastoje ponuđeni mozaici pri čemu veći mozaici, očekivano, čine zadatak težim, i 3) sličnošću distraktora i tačnog odgovora, tj. stepenom tačnosti distraktora (broj zadatih elemenata koje distraktor u sebi sadrži i stepen devijacije konstituenata mozaika u odnosu na zadate elemente).

Ukupno je konstruisano 54 zadataka, svaki sa po šest ponuđenih odgovora, a zadaci su preliminarno uređeni po težini konsenzusom dva procenjivača. Nakon toga, po 22 zadatka svrstana su u “parnu” odnosno u “neparnu” formu testa. Kako bi se proverila mogućnost konstrukcije paralelnih formi testa jednostavnom rotacijom postavke zadataka i ponuđenih odgovora, preostalih 10 zadataka su ponovljeni u obe forme testa. Naime, najpre je iz preliminarnog seta ajtema uređenih po težini selektovan manji broj ajtema. Preciznije, selektovan je svaki peti zadatak kako bi set zadataka koji se ponavljaju u obe forme testa sadržao ajteme svih nivoa težine, nakon čega su svi elementi odabranih zadataka (postavka zadatka, tj. mozaik i ponuđeni odgovori) rotirani za  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ , odnosno  $270^\circ$  u odnosu na početnu postavku zadatka. Primer dva paralelna zadatka iz testa prikazan je na Slici 5. Ovakav način transformacije zadataka je korišćen jer bi se moglo očekivati da rotiranje svih elemenata zadatka načelno ne menja u većoj meri težinu zadataka a potencijalno osigurava visok stepen paralelnosti formi. U konačnici, obe forme testa sastojale su se od po 32 zadatka pri čemu je 10 zadataka u okviru svake bilo ponovljeno.



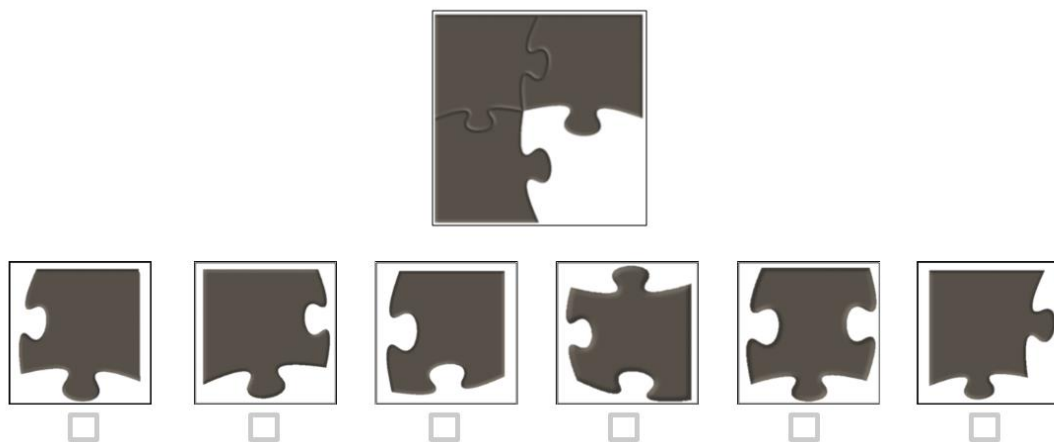
Slika 5. Primer paralelnih zadataka iz testa Slogalica

Kako bi se prikupili psihometrijski parametri težine i kvaliteta svakog zadatka, a koji bi omogućili odabir najkvalitetnijih ajtema, test je zadat sa vremenskim ograničenjem na nivou pojedinačnih zadataka. Budući da je planirano da finalna verzija instrumenta bude koncipirana kao test snage i da bude maksimalno ekonomična, tj. da sadrži oko 30 zadataka, vremensko ograničenje postavljeno je na 20 sekundi po zadatku. Na ovaj način,

kao i u prethodnim testovima, svaki ispitanik bi bio u prilici da pokuša da reši svaki od zadataka, što bi omogućilo pribavljanje relevantnih parametara o svim zadacima.

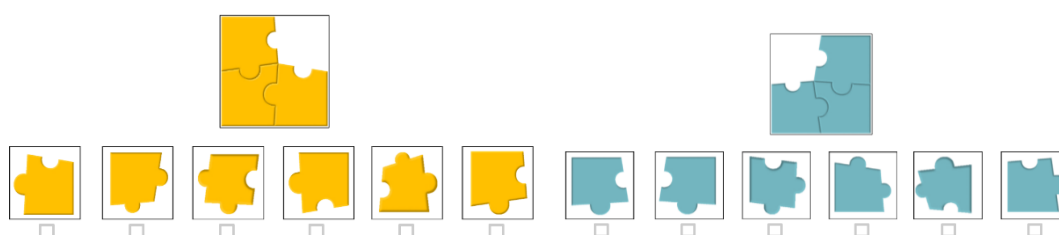
### 2.1.1.3.2 Slagalice

U ovom testu ispitanicima se prikazuju nedovršene slagalice, a njihov zadatak je da među šest ponuđenih elemenata odaberu onaj koji može da kompletira datu slagalicu na adekvatan način. Primer zadatka iz testa Slagalice prikazan je na Slici 6. U svakom zadatku postojao je samo jedan element koji, kada se rotira u datu poziciju može upotpuniti slagalicu na adekvatan način. Težina pojedinačnih zadataka varirana je korišćenjem sledećih kriterijuma: 1) kompleksnošću “sečenja” elemenata odnosno oblikom i brojem useka na ivicama nedostajućeg elementa, pri čemu veći broj useka i njihova kompleksnost čine zadatak težim – ovaj kriterijum direktno obuhvata i kriterijum variranja težine koji se bazira na pozicioniranju nedostajućeg elementa gde nedostajući elementi na marginama ili uglovima slagalice usled jednostavnosti jedne ili dve ivice čine zadatak lakšim nasuprot nedostajućim elementima u središtu slagalice koji sa sve četiri strane sadrže ivice različite kompleksnosti, 2) stepenom rotacije elemenata u odnosu na zadatak slagalicu pri čemu veći stepen rotacije povećava težinu zadatka, 3) vizuelnom kompleksnošću slagalice i ponuđenih elemenata – jednobojne i jednoobrazne slagalice koje su tipične za jednostavnije zadatke nasuprot slagalicama koje na sebi imaju veći broj šara koje se šire po njenim konstitutivnim elementima a koje su korišćene u konstrukciji težih zadataka, i 4) sličnost distraktora i tačnih odgovora pri čemu veća sličnost elemenata čini zadatak težim.



Slika 6. Primer zadatka iz testa Slagalice

Za početni set konstruisane su 63 različite slagalice sa po šest ponuđenih odgovora. Zadaci su sortirani po težini na isti način kao u slučaju testa Mozaik nakon čega je 25 zadataka ekskluzivno svrstano u jednu, a 26 u drugu formu. Takođe, kao i u slučaju prethodnog testa, elementi svakog petog zadatka iz preliminarnog seta uređenog po težini rotirani su za 90°, 180°, odnosno 270° u odnosu na početnu postavku zadatka. Dodatno, kako bi se smanjila pojavna sličnost paralelnih formi zadataka, te smanjio pozitivni transfer sa jedne na drugu formu testa, slagalice i ponuđeni odgovori su prebojeni drugim bojama, a ponuđeni odgovori drugačije randomizovani (Slika 7). Na ovaj način ukupno je konstruisano 37 zadataka za prvi i 38 zadataka za drugi set.



Slika 7. Primer paralelnih zadataka iz testa Slagalica

Kao i Mozaik, test Slagalica je koncipiran kao test snage i planiran da bude maksimalno ekonomičan te da u svom finalnom obliku sadrži oko 30 najkvalitetnijih zadataka iz početnog seta od kojih bi bile formirane četiri paralelne forme. U skladu sa tim, vremensko ograničenje postavljeno je na 20 sekundi po zadatku.

#### 2.1.1.4 Operacionalizacije faktora kognitivne brzine

U cilju operacionalizacije sržnih karakteristika *G<sub>s</sub>* (vidi Carroll, 1993; McGrew, 1997, 2009) u verbalnom i neverbalnom domenu, a po ugledu na postojeće operacionalizacije ove sposobnosti konstruisana su dva testa koja za cilj imaju merenje efikasnosti izvođenja mentalno angažujućih ali relativno jednostavnih zadataka u kontekstu veoma restriktivnog vremenskog ograničenja – test Simbol za procenu *G<sub>s</sub>* u verbalnom i Vizuelna potraga za procenu *G<sub>s</sub>* u neverbalnom domenu.

##### 2.1.1.4.1 Simbol

U testu Simbol ispitanicima se prezentuje niz od 10 simbola ispod kojih je prikazano 10 kvazi-slučajno odabranih slova latiničnog alfabeta gde je svaki od simbola arbitrarno asociran sa po jednim slovom (Slika 8). Zadatak ispitanika je da za 60 sekundi idući redom sleva nadesno, bez preskakanja polja što brže i tačnije može ispod svakog

simbola upiše njemu odgovarajuće slovo, pri čemu u svakom trenutku ima uvid u zaglavlje, tj. “legendu” koja mu govori koji simbol je potrebno povezati sa kojim slovom. U svakom redu liste nalazi se po 10 simbola, a njihov redosled je kvazi-randomiziran i to tako da se 1) svaki simbol samo jedanput može naći u jednom redu; 2) svaki simbol samo jednom može naći u svakoj od kolona; 3) svaki red i svaka kolona sadrže svaki od simbola. Celokupna lista se sastoji od devet redova od po deset simbola kako bi se minimizovala mogućnost efekta “plafona”.

Slova latiničnog alfabeta su na kvazi-slučajan način izabrana iz celokupne liste konsonanata latiničnog alfabeta, bez mogućnosti odabira slova sa dijakritičkim znakovima. Simboli su preuzeti iz različitih, po pretpostavci, ispitanicima nepoznatih izvora (npr. arapskog, hebrejskog, jermenskog pisma, relativno nefrekventnih matematičkih operatora, i sl.). Pri selekciji simbola vođeno je računa o tome da odabrani simboli budu u dovoljnoj meri distinktivni u odnosu na druge simbole iz datog seta. Dodatno, odabrani su simboli koje u pogledu forme (broju linija i spojeva i strukturi povezanosti elemenata) odlikuje približno sličan stepen kompleksnosti kao i selektovana slova latiničnog alfabeta. Konačno, prilikom odabira stimulusa vođeno je računa o tome da simboli i slova sa kojima su spareni po svojim karakteristikama dele minimalan broj vizuelnih sličnosti kako bi ispitanicima u približno podjednako meri bilo teško, odnosno lako da asociiraju konkretan simbol sa konkretnim slovom za svaki simbol-slovo par.

◁	▷	ℓ	ℱ	∇	⌋	▷	⌈	Ⓢ	⌋
S	P	N	R	T	M	C	Z	L	B
⌈	ℓ	∇	▷	Ⓢ	ℱ	⌋	▷	◁	⌋

Slika 8. Primer iz testa Simbol I

U cilju načelne provere mogućnosti konstrukcije paralelnih formi testa Simbol koja bi počivala na upotrebi istih slova latiničnog alfabeta pri čemu bi slova bila sparena sa drugim setom simbola, konstruisana je još jedna verzija ovog testa. Na Slici 9 prikazana je postavka druge forme testa Simbol. Kao što se sa Slika 8 i 9 može videti, u obe forme testa korišćen je isti set slova latiničnog alfabeta, prikazanih drugačijim redosledom, dok su setovi simbola bili različiti.

İ	ı	ı	?	ı	«	^	ı	ıı	ıı
N	P	C	L	M	T	R	Z	S	B
ı	ı	ı	^	ıı	?	«	ı	İ	ıı

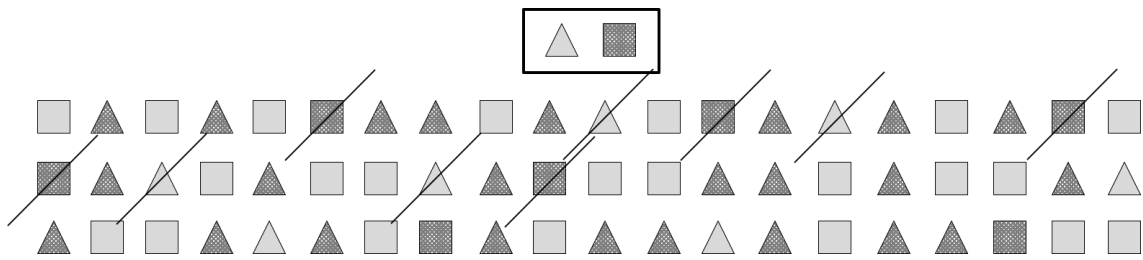
Slika 9. Primer iz testa Simbol II

U osnovi odluke da se u paralelnoj verziji testa koriste ista slova je činjenica da se na taj način kompleksnost slova kao i brzina njihovog pisanja u različitim verzijama testa drži konstantnom. Između dve alternative, tj. one u kojoj bi bili izabrani novi simboli, nasuprot one u kojoj bi se koristili isti simboli kao i u prvoj formi testa koji bi, međutim, bili spareni sa različitim slovima, odlučeno je da se prednost da prvoj. To je urađeno kako bi se prevenirala mogućnost negativnog transfera sa jedne na drugu formu testa. Naime, čini se verovatnim da ispitanik prilikom izvedbe prve forme testa može da napravi prilično snažnu asocijaciju između bar jednog konkretnog simbola i slova sa kojim je dati simbol sparen. Tako, ukoliko bi u sledećem testiranju isti simbol bio sparen sa nekim drugim slovom to bi moglo dovesti do porasta broja grešaka koje ne bi poticale od sposobnosti ispitanika niti od razlike u težini dva testa već od nemogućnosti ispitanika da “razveže” prethodno formiranu simbol-slovo asocijaciju. U skladu sa tim, alternativa u kojoj bi paralelne forme testa bile bazirane na upotrebi različitih simbola slične kompleksnosti koji su spareni sa istim slovima činila se optimalnom.

#### 2.1.1.4.2 Vizuelna potraga

Format testa nazvan Vizuelna potraga konstruisan je po ugledu na test Precrtavanja (engl. *Cancelation*) iz poslednjeg izdanja Vekslerove baterije za procenu inteligencije (Wechsler, 2008, WAIS IV). U ovom testu zadatak ispitanika je da na dugačkoj listi figura u okviru koje se smenjuju sivi i crni trouglovi i sivi i crni kvadrati, idući sleva nadesno za 60 sekundi što tačnije i brže može uporedo linijski pretražuje i precrtava dve zadate figure – sivi trougao i crni kvadrat (Slika 10). Stimulusi mete i distraktori u okviru testa su kvazi-randomizirani, a dužina liste figura je koncipirana tako da je veoma malo verovatno da dođe do efekta “plafona”.





Slika 10. Primer iz testa Vizuelna potraga

Kako je predmet merenja ovog instrumenta kognitivna brzina, prilikom konstrukcije testa vođeno je računa o tome da odnos zastupljenosti stimulusa-meta i distraktora varira na nivou pojedinačnog reda u opsegu od 20:80 do 25:75 u korist distraktora kako bi se osiguralo da veća proporcija vremena pri radu na testu ne odlazi na motoričku već na kognitivnu brzinu. Dodatno, na nivou cele liste odnos zastupljenosti dve figure-mete je 50:50 pri čemu je odnos zastupljenosti po redovima liste variran u odnosu 50:50, 40:60 i 60:40 u korist jedne, odnosno druge figure-mete, kako ne bi došlo do implicitnog uvežbavanja na osnovu frekvencije njihovog pojavljivanja.

## 2.1.2 Metod

### 2.1.2.1 Ispitanici

Grupa od 106 ispitanika uzrasnog raspona od 20 do 47 godina ( $M = 21.92$ ,  $SD = 3.71$ ), od čega 25.5% muškog i 74.5% ženskog pola, učestvovala je u prvoj proverbi konstruisanih testova. Većinu uzorka činili su studenti diplomskih i postdiplomskih studija psihologije Filozofskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. Ispitanici su u istraživanju učestvovali dobrovoljno.

### 2.1.2.2 Instrumenti

Provereni su inicijalni setovi zadataka u okviru testova intelektualnih sposobnosti, i to Matrice (dva seta od po 38 zadataka), Fluidne analogije (dva seta od po 83 zadataka), Test sinonima-antonima (dva seta od po 130 zadataka), Kristalizovane asocijacije (dva seta od po 95 zadataka), Mozaik (dva seta od po 32 zadatka), Slagalica (prvi set od 38 i drugi od 37 zadataka). Za svaki od navedenih testova skor se računa sumacijom tačnih odgovora. Dodatno, proverene su dve verzije testa Simbol i jedna forma testa Vizuelna potraga. Ukupan rezultat na testu Simbol računat je sumiranjem tačno upisanih slova

latiničnog alfabeta, dok se ukupan rezultat na testu Vizuelna potraga izražen brojem tačno precrtanih figura umenjenim za broj načinjenih grešaka.

### **2.1.2.3 Procedura**

S obzirom na veliki broj zadataka koji je bilo potrebno proveriti, testiranje svakog ispitanika je sprovedeno u dve sesije, međusobno razdvojene 15 dana. Testiranja su sprovedena u manjim grupama u računarskoj učionici Filozofskog fakulteta. Naime, kao što je prethodno naznačeno, kompletni setovi konstruisanih zadataka podeljeni su u dva seta - “parni” i “neparni” set, dok su dve verzije testa Simbol zadavane u dve vremenske tačke kontrabalansiranim redosledom. Ispitanici su na slučajan način bili podeljeni u dve grupe (ispitanici sa parnim i neparnim brojem indeksa), te je prva grupa ispitanika u prvoj sesiji radila “paran” set zadataka, a u drugoj “neparan” set, dok je obrnut slučaj bio sa drugom grupom ispitanika. Zadaci u okviru svakog testa izlagani su fiksnim redosledom, a redosled testova u okviru baterije bio je randomiziran za svakog ispitanika. Svi testovi, osim Simbola i Vizuelne potrage koji su zadavani u papir-olovka formatu, administrirani su preko računara. Iz praktičnih razloga testovi kognitivne brzine zadavani su na početku testiranja pri čemu je redosled zadavanja ovih testova bio kontrabalansiran. Pojedinačna testiranja u proseku su trajala oko 110 minuta, pri čemu je ispitanicima data mogućnost da prave kraće pauze između testova.

### **2.1.2.4 Obrada podataka**

Budući da je inicijalna podela zadataka na dve forme u okviru nekih od testova načinjena iz praktičnih razloga, pre obrade podataka “parne” i “neparne” verzije ovih testova su spojene, te su u okviru datih testova svi ajtemi analizirani zajedno. Za sve konstruisane testove izračunate su deskriptivne statističke mere, uključujući pokazatelje centralne tendencije, raspršenja, oblika distribucije (standardizovani skjunis za zakrivljenost i standardizovani kurtozis za izduženost) i težine (prosečna proporcija tačnosti). Testovi snage (Matrice, Fluidne analogije, Kristalizovane asocijacije, Mozaik i Slagalica) analizirani su metodama koje počivaju na klasičnom modelu merenja (engl. *Classical Test Theory*, *CTT*) kao i Teoriji odgovora na stvake (engl. *Item Response Theory*, *IRT*). Tako su izračunate interne psihometrijske karakteritike (reprezentativnost, interna konzistentnost i valjanost) za testove i pojedinačne stavke pomoću makroa Rtt10g (Knežević & Momirović, 1996), kao i parametri pouzdanosti, podesnosti i separacije koji

počivaju na IRT modelu. Ovi parametri poslužili su za evaluaciju kvaliteta konstruisanih setova zadataka, i kao vodič u selekciji zadataka i konstrukciji paralenih formi testova. Konačno, u okviru konstrukcije četiri forme testova, prikupljeni podaci ponovo su analizirani kako bi se stekao inicijalni uvid u osnovne karakteristike novo-formiranih setova zadataka.

### **2.1.3 Rezultati i diskusija**

U Tabeli 1 prikazane su deskriptivne statističke mere za svaki od testova širokih faktora sposobnosti, kao i prosečno vreme rešavanja pojedinačnih zadataka u okviru svakog od testova. Deskriptivne statističke mere na nivou pojedinačnih zadataka prikazane su u Prilogu A.

Za test Matrica proporcija tačno rešenih zadataka (tj. težina testa) iznosila je .56. Ipak, test je pokazao blagu pomenost distribucije ka višim skorovima. Sa druge strane, test Fluidnih analogija se pokazao nešto lakšim. Naime, prosečna tačnost iznosila je .65, pri čemu je distribucija skorova, pokazala izraženiju negativnu asimetriju. Na testu Kristalizovanih asocijacija, prosečna tačnost bila je .60, pri čemu je i na ovom testu distribucija skorova bila pomena ka višim skorovima. Sa, druge strane, ispitanici su, očekivano, bili najuspešniji na testu Sinonima-antonima, ostvarivši prosečnu tačnost od .97, što je rezultovalo izraženom negativnom asimetričnošću i leptokurtičnošću distribucije. Ovaj nalaz je svakako očekivan budući da je test zadavan bez vremenskog ograničenja. U pogledu mera vizuelnih sposobnosti, proporcija tačnosti iznosila je .45 za Mozaik, odnosno .54 za Slagalicu. Obe raspodele skorova pokazale su normalnu distribuciju upućujući na zadovoljavajuću diskriminativnost ovih testova. Konačno, oba testa namenjena merenju  $G_s$  (Simbol i Vizuelna potraga), pokazala su zadovoljavajuću diskriminativnost.

Efekat plafona nije zabeležen ni kod jednog ispitanika, ni na jednom od testova, izuzev testa Sinonima-antonima. Ovaj nalaz upućuje na uspešnost u ostvarenju jednog od ciljeva konstrukcije baterije testova, a to je da početni set zadataka sadrži dovoljan broj teških zadataka kako ne bi nijedan, ili bi veoma mali broj ispitanika dosegao "plafon".

Tabela 1

*Deskriptivne statističke mere konstruisanih testova sposobnosti*

	<i>br. zadataka</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>zSk</i>	<i>zKu</i>	<i>K-S</i>	<i>Mt (s)</i>
<i>MTRX</i>	76	42.32	8.73	18	60	-2.01*	-0.65	0.838	18.53
<i>FAL</i>	166	108.23	22.65	39	139	-4.50**	1.60	1.169	11.83
<i>KA</i>	190	113.22	23.28	45	152	-2.70**	-0.20	1.109	8.57
<i>SA</i>	260	252.44	9.15	193	259	-18.63	49.49**	2.704**	1.96
<i>MZK</i>	64	28.54	10.45	8	57	0.95	-0.65	0.690	14.31
<i>PUZZ</i>	75	40.80	10.02	19	62	-0.12	-1.87	0.785	13.52
<i>SMBL</i>	/	35.10	7.79	15	58	1.94	1.10	0.855	†
<i>PTRG</i>	/	43.10	8.71	22	66	0.03	.086	0.747	†

*Napomena.* *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *SA* – Sinonim-antonim; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica; *SMBL* – Simbol; *PTRG* – Vizuelna potraga; *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skjunis; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; *Mt (s)* – prosečno vreme po zadatku u sekundama; † – fiksno vremensko ograničenje za ceo test

U Tabeli 2 prikazane su mere reprezentativnosti, interne konzistentnosti i homogenosti konstruisanih testova snage. Za testove kod kojih broj stavki prevazilazi broj ispitanika (testovi Fluidne analogije i Kristalizovane asocijacije) date su prosečne mere reprezentativnosti (*KMO*) i homogenosti (*H5*) dobijene na “parnoj” i “neparnoj” formi.

Tabela 2

*Psihometrijske karakteristike konstruisanih testova snage*

	<i>KMO</i>	$\alpha$	<i>H1</i>	<i>H5</i>
<i>MTRX</i>	.889	.836	.063	.268
<i>FAL</i>	.938	.944	.096	.261
<i>KA</i>	.966	.937	.072	.246
<i>MZK</i>	.896	.892	.114	.303
<i>PUZZ</i>	.856	.850	.070	.285

*Napomena.* *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica; *KMO* – Kaiser-Meyer-Olkin mera reprezentativnosti uzorka stavki;  $\alpha$  – Kronbahova alfa; *H1* – prosečna korelacija između stavki; *H5* – učešće prve glavne komponente u varijansi pouzdanih komponenti

Kao što se može videti svi testovi pokazali su relativno zadovoljavajuće vrednosti reprezentativnosti zadataka uzorkovanih za merenje datih sposobnosti. Takođe, mere interne konzistentnosti ukazale su na zadovoljavajuću pouzdanost pojedinačnih testova. Sa druge strane, vrednosti *H1* i *H5* indikovale su nešto nižu homogenost konstruisanih instrumenata.

U cilju detaljnije inspekcije kvaliteta konstruisanih zadataka, podaci prikupljeni testovima snage dodatno su podvrgnuti analizi zasnovanoj na IRT. Osnovni parametri analize dati su u Tabeli 3. Kao što se može videti, oba indikatora pouzdanosti uputila su na zadovoljavajući stepen pouzdanosti setova zadataka. Takođe, oba pokazatelja podesnosti podataka modelu (infit i outfit) pokazala su zadovoljavajuće prosečne

vrednosti na nivou testova<sup>12</sup>. Dobljene vrednosti separacije, sa druge strane, ukazale su na nešto manje uspešnu diferencijaciju klastera ispitanika spram njihovih sposobnosti koja se svakako može pripisati relativno homogenoj strukturi uzorka u pogledu intelektualnih kapaciteta, i relativno zadovoljavajuću diferencijaciju stavki spram njihove težine.

Tabela 3

*IRT parametri konstruisanih testova snage*

	<i>MTRX</i>		<i>FAL</i>		<i>KA</i>		<i>MZK</i>		<i>PUZZ</i>	
	osoba	ajtem	osoba	ajtem	osoba	ajtem	osoba	ajtem	osoba	ajtem
pouzdanost	.84	.97	.94	.93	.96	.95	.89	.96	.85	.95
prosečan infit	1.00	.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
prosečan outfit	1.01	1.01	.98	1.01	1.01	.98	1.03	1.03	1.01	1.01
separacija	2.31	5.33	3.82	3.77	4.85	4.37	2.91	4.79	2.38	4.50

*Napomena.* *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica

U Tabeli 4 prikazani su rasponi reprezentativnosti, pouzdanosti i interne valjanosti na nivou pojedinačnih zadataka u okviru konstruisanih testova snage. U Prilogu A date su iste psihometrijske karakteristike za svaki od zadataka pojedinačno.

Tabela 4

*Raspon internih psihometrijskih karakteristika zadataka konstruisanih testova snage*

	reprezentativnost	pouzdanost	interna valjanost	
			<i>H</i>	<i>B</i>
<i>MTRX</i>	.6139 – .9708	.5791 – .9104	.0060 – .6656	-.1886 – .6299
<i>FAL</i>	.5783 – .9868	.6919 – .9296	.0007 – .6449	-.0114 – .6348
<i>KA</i>	.8425 – .9954	.7614 – .9767	.0048 – .7122	-.1474 – .6780
<i>MZK</i>	.5344 – .9685	.4431 – .7800	.0159 – .5703	-.0405 – .5614
<i>PUZZ</i>	.2044 – .9598	.5756 – .8436	.0066 – .6005	.0051 – .5682

*Napomena.* *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica; *H* – korelacija stavke sa prvom glavnom komponentom; *B* – korigovana ajtem-total korelacija

U celini najveći broj ajtema u okviru svakog testa pokazao je zadovoljavajuće vrednosti reprezentativnosti. Takođe, za najveći broj zadataka u okviru svakog od testova dobijene su zadovoljavajuće vrednosti pouzdanosti (proporcija varijanse ajtema koja se može predvideti na osnovu preostalih ajtema iz testa). Konačno, pokazalo se da većina ajtema umereno do visoko korelira sa glavnim predmetom merenja indikovano korigovanom ajtem-total korelacijom (*B*), kao i korelacijom sa prvom glavnom komponentom ekstrahovanom iz datog seta (*H*), ukazujući na njihovu adekvatnu internu valjanost. Ipak, manji broj ajtema u okviru svakog od testova pokazao je relativno niske

<sup>12</sup> Parametri ajtema ukazuju na stepen u kom dati model predviđa odgovore na ajteme, dok parametri za osobe indikuju stepen konzistentnosti individualnih obrazaca odgovaranja kroz sve ajteme (Embretson & Reise, 2000). Prosečne vrednosti infita i outfita za dobro podešene testove iznosi 1 (Osteen, 2010).

vrednosti reprezentativnosti i pouzdanosti, kao i nisku diskriminativnu moć i visok specificitet u kontekstu preostalih zadataka iz datog seta.

Dodatno, manji broj zadataka iz svakog od testova pokazao je nezadovoljavajuće vrednosti fita (Tabela 5). Svi zadaci, izuzev jednog iz testa Mozaik, pokazali su zadovoljavajući stepen prediktivnosti odgovora koji su blizu nivoa sposobnosti ispitanika. Sa druge strane, veći broj zadataka pokazao je devijacije od modela u smislu uspešnosti predikcije odgovora koji su daleko ispod odnosno iznad nivoa sposobnosti ispitanika.

Tabela 5  
*Broj ajtema sa lošim fitom*

	<i>infit</i>		<i>outfit</i>	
	< 0.70	1.30 >	< 0.70	1.30 >
<i>MTRX</i>	0	0	5	9
<i>FAL</i>	0	0	4	4
<i>KA</i>	0	0	4	16
<i>MZK</i>	0	1	2	7
<i>PUZZ</i>	0	0	0	2

*Napomena. MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica*

### **2.1.3.1 Konstrukcija paralelnih formi testova kognitivnih sposobnosti**

U okviru svakog od testova načinjena je selekcija najboljih ajtema spram kvantitativnih psihometrijskih kriterijuma. Naime, u slučaju testova snage, u obzir su uzeti osnovni psihometrijski pokazatelji kvaliteta pojedinačnih zadataka – diskriminativnost, reprezentativnost, pouzdanost i interna valjanost zadatka. Takođe, svi ajtemi koji su pokazali nezadovoljavajuće mere fita isključeni su iz finalnog korpusa zadataka ili su u izvesnoj meri korigovani. Na taj način odabran je finalni set najkvalitetnijih zadataka u okviru svakog od testova. Nakon toga, u okviru svakog od testova snage, zadaci su sortirani po težini spram IRT parametara, a zatim su naizmenično raspoređeni u četiri forme tako da svaka sadrži zadatke svih nivoa težine. Prilikom konstrukcije paralelnih formi testova posebno je vođeno računa o tome da forme budu ujednačene po težini i da se pronade optimum između ekonomičnosti (tj. broja zadataka) i psihometrijskog kvaliteta pojedinačnih testova. U daljem tekstu biće opisan proces i ishod konstrukcije paralelnih formi svih testova intelektualnih sposobnosti.

#### **2.1.3.1.1 Matrice**

U okviru testa Matrica, korišćenjem navedenih kriterijuma odabrano je 55 zadataka koji su pokazali zadovoljavajuće psihometrijske karakteristike. Kako je

jednostavna podela ovog seta zadataka rezultovala sa svega 13 ajtema po testu čineći time pojedinačne paralelne forme nedovoljno pouzdanim, i kako se pokazalo da je ne mali broj teških zadataka pokazao nezadovoljavajuće psihometrijske karakteristike, a određeni broj lakših zadataka pokazao nezadovoljavajuće mere fita pristupilo se korekciji određenog broja zadataka, odnosno dopuni testa korigovanim zadacima. Sa jedne strane, korekcija lakih zadataka imala je za cilj da smanji dvosmislenosti na kojima su ispitanici višeg nivoa sposobnosti pravili neočekivane greške pri čemu ove korekcije, načelno, ne bi promenile težine pojedinačnih zadataka. Sa druge strane, dopuna paralelnih formi težim zadacima sastojala se u odabiru jednog težeg zadatka koji je pokazao relativno zadovoljavajuće psihometrijske karakteristike koji je potom “kloniran”, tj. isti zadatak i struktura ponuđenih odgovora je ponovljena u paralelnim formama pri čemu su površinski aspekti zadatka (boja i raspored figura) promenjeni, dok su pravila koja stoje u osnovi zadatka ostala nepromenjena. Navedene korekcije rezultovale su finalnim setom od 64 matrice, koje su u skladu sa pokazateljima težine raspoređene po formama. Prikupljeni podaci ponovo su analizirani (ovog puta u obliku četiri novo-fomirane forme testa), te su u Tabeli 6 prikazani deskriptivni statistički pokazatelji za četiri forme Matrica kao i prosečno vreme rešavanja po zadatku.

Tabela 6  
*Deskriptivne statističke mere četiri forme testa Matrica*

	<i>br. zadataka</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>zSk</i>	<i>zKu</i>	<i>K-S</i>	<i>Mt (s)</i>
<i>MTRX A</i>	16	9.32	2.44	3	14	-1.04	-1.21	1.352	18.23
<i>MTRX B</i>	16	9.31	2.45	2	14	-1.96*	-0.48	1.431*	18.52
<i>MTRX C</i>	16	9.34	2.67	3	15	-1.27	-0.63	1.134	18.70
<i>MTRX D</i>	16	9.32	2.71	2	13	-2.58**	-0.79	1.361*	18.50

*Napomena.* *MTRX* – Matrice; *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skjunis; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; *Mt (s)* – prosečno vreme po zadatku u sekundama

U celini, četiri forme testa Matrica poseduju veoma slične parametre centralne tendencije i varijabilnosti, kao i približno isto prosečno vreme potrebno za rešavanje pojedinačnih zadataka. Tačnost rešavanja svake od formi testa Matrica iznosila je .56. Međutim, neke od formi nisu pokazale zadovoljavajuću diskriminativnost, što se svakako može pripisati smanjenju broja zadataka po formi u odnosu na preliminarni set. Ipak, konstruisane forme se, u kontekstu vrednosti dobijenih na preliminarnom setu zadataka mogu smatrati optimalnim. Sumarno vreme rešavanja odabranih 16 zadataka između formi variralo je od 284 do 288 sekundi u skladu sa čim je vremensko ograničenje testa Matrica postavljeno na pet minuta.

### 2.1.3.1.2 Fluidne analogije

Od ukupno 166 zadataka analogija odabrano je 124, odnosno 31 zadatak po formi. Prilikom svrstavanja zadataka u forme, pored težine i vremena rešavanja, vođeno je računa o tome da svaka forma sadrži približno podjednak broj zadataka koji počivaju na svakom od tri relaciona principa koji su korišćeni prilikom konstrukcije analogija. Naime, svaka od četiri forme sadržala je približno podjednak broj analogija koje počivaju na semantičkim, relacijama zasnovanim na klasifikaciji, te asocijativnim relacijama.

Deskriptivne statističke mere četiri forme Fluidnih analogija prikazane su u Tabeli 7. Četiri forme testa su podešene tako da poseduju veoma slične vrednosti centralne tendencije i variranja kao i prosečno vreme rešavanja zadataka.

Tabela 7

#### Deskriptivne statističke mere četiri forme testa Fluidnih analogija

	<i>br. zadataka</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>zSk</i>	<i>zKu</i>	<i>K-S</i>	<i>Mt (s)</i>
<i>FAL A</i>	31	21.37	5.34	7	28	-4.28**	0.071	1.556*	11.73
<i>FAL B</i>	31	21.31	5.12	4	31	-4.02**	2.36*	1.208	11.93
<i>FAL C</i>	31	21.24	5.32	3	30	-3.38**	1.33	1.066	11.67
<i>FAL D</i>	31	21.25	5.17	8	31	2.91**	-0.09	1.112	11.71

*Napomena.* *FAL* – Fluidne analogije; *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skjunis; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; *Mt (s)* – prosečno vreme po zadatku u sekundama

Ipak, distribucije sve četiri forme testa pokazale su devijacije od normalne distribucije u vidu pomerenosti ka višim skorovima ukazujući na njihovu slabiju diskriminativnu moć. Tačnost rešavanja iznosila je .69 za sve forme. Dodatno, u ovako konstruisanim formama javio se i efekat “plafona” u postignuću dva ispitanika. Kako bi se otklonili pomenuti problemi tj. povećala težina testova, odlučeno je da se vremensko ograničenje skрати. Budući da je sumarno vreme rešavanja različitih formi testova variralo od 361 do 370 sekundi činilo se da optimalno vremensko ograničenje koje bi test otežalo i učinilo nešto diskriminativnijim iznosi pet minuta.

### 2.1.3.1.3 Test sinonim-antonim

Od početnih 264 parova sinonima-antonima u finalnom setu našlo se ukupno 216 parova. Naime, svi parovi reči na kojima su ispitanici pravili 5% grešaka ili više isključeni su iz preliminarnog seta zadataka pod pretpostavkom da su ih iz nekog razloga ispitanici doživljavali kao dvosmislene. Zadržani ajtemi su u skladu sa dobijenim vrednostima težine i prosečnog vremena rešavanja raspodeljeni po formama. U Tabeli 8 prikazane su deskriptivne statističke mere za svaku od formi testa Sinonim-antonim. Sve forme



pokazale su izrazitu asimetriju distribucija (prosečna tačnost iznosila je .98) budući da su zadaci izvorno zadavani bez vremenskog ograničenja.

Tabela 8

*Deskriptivne statističke mere četiri forme testa Sinonim-antonim*

	<i>br. zadataka</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>zSk</i>	<i>zKu</i>	<i>K-S</i>	<i>Mt (s)</i>
<i>SA A</i>	54	53.13	1.92	41	54	-18.18**	40.09**	3.355**	1.94
<i>SA B</i>	54	53.00	2.35	39	54	-17.53**	41.16**	3.497**	1.93
<i>SA C</i>	54	53.13	2.18	38	54	-20.50**	58.27**	3.637**	1.95
<i>SA D</i>	54	53.02	1.68	46	54	-10.87**	15.14**	3.062**	1.97

*Napomena.* SA – Sinonim-antonim; *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skjunis; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; *Mt (s)* – prosečno vreme po zadatku u sekundama

Imajući u vidu da je test Sinonima-antonima tipičan test brzine, a da je sumarno vreme rešavanja različitih formi variralo između 104 i 106 sekundi, za izvedbu ovog zadatka postavljeno je vremensko ograničenje od 90 sekundi

#### 2.1.3.1.4 *Kristalizovane asocijacije*

Od 190 zadataka, za finalni set koji je poslužio za konstruisanje četiri forme testa selektovano je 128 ajtema sa najboljim psihometrijskim karakteristikama. Po odabiru zadataka ujednačene težine oni su svrstani u jednu od četiri finalne forme testa i to tako da se u svakoj od formi nađe približno podjednak broj zadataka koji mere svaku od ispitivanih oblasti znanja.

Tabela 9 prikazuje deskriptivne statističke vrednosti za četiri forme testa Kristalizovanih asocijacija. Kao što se može videti, forme su u visokom stepenu ujednačene po merama centralne tendencije i varijabiliteta, kao i po prosečnom vremenu koje je ispitanicima bilo potrebno za rešavanje zadataka. Prosečna tačnost rešavanja sve četiri forme testa iznosila je .59, a sumarno vreme rešavanja zadataka u okviru testova variralo je u opsegu od 268 do 277 sekundi. U skladu sa prosečnom tačnošću i dobijenim indikatorima asimetrije koji su ukazali na pomerenost distribucije ka višim skorovima, a u cilju blagog otežavanja testa vremensko ograničenje podešeno je na četiri minuta.

Tabela 9

*Deskriptivne statističke mere četiri forme testa Kristalizivanih asocijacija*

	<i>br. zadataka</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>zSk</i>	<i>zKu</i>	<i>K-S</i>	<i>Mt (s)</i>
<i>KA A</i>	32	18.70	5.72	5	30	-1.27	-1.22	0.929	8.68
<i>KA B</i>	32	18.99	5.72	4	30	-2.53*	-0.17	1.207	8.37
<i>KA C</i>	32	18.79	5.43	3	29	-2.24*	0.37	0.903	8.44
<i>KA D</i>	32	18.89	5.72	5	29	-1.86	-1.06	1.086	8.62

*Napomena.* *KA* – Kristalizovane asocijacije; *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skjunis; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; *Mt (s)* – prosečno vreme po zadatku u sekundama

2.1.3.1.5 *Mozaik i Slagalice*

Kao što je ranije u tekstu već rečeno, u dva zadavanja subsetova testova Mozaik i Slagalice ponovljen je manji broj zadataka koji su izmenjeni tako da se, načelno, može očekivati da težina zadataka ostane nepromenjena, a radi testiranja mogućnosti konstrukcije paralelnih formi ovih testova rotacijom elemenata zadataka, odnosno promenom njihovih površinskih svojstava. Kao što se iz Tabele 10 može videti, nije dobijena razlika u učinku ispitanika na dva seta ponovljenih zadataka na testu Mozaik. Takođe, koeficijent intraklasne korelacije (engl. *Intraclass correlation coefficient, ICC*) koji ukazuje na udeo intraindividualne varijanse u ukupnoj varijansi (intraindividualna + interindividualna varijansa), a koji se može interpretirati kao pouzdanost (McGraw & Wong, 1996), ukazao je na, za set zadataka ove veličine, prihvatljiv stepen slaganja u postignućima u dve vremenske tačke. Sa druge strane, dva ponovljena seta zadataka u okviru testa Slagalice pokazala su diferencijalna postignuća ispitanika te nešto niži koeficijent slaganja. Naime, “paran” set zadataka pokazao se nešto težim od “neparnog” seta. Ipak, kako se dobijena razlika kretala u okvirima jednog poena (0.85 jedinica) odlučeno je da se paralelne verzije ovog testa ipak baziraju na principu konstrukcije koji bi počivao na rotaciji elemenata zadataka uz smanjenje površinskih sličnosti između formi.

Tabela 10

*Deskriptivne statističke mere testova Mozaik i Slagalice*

	<i>br. zadataka</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>ICC<sub>avg</sub></i>	<i>F (df 1, df 2)</i>	<i>p</i>
<i>MZK parna forma</i>	10	4.40	2.33	0	10	.748**	0.520 (1,105)	.473
<i>MZK neparna forma</i>	10	4.25	2.16	0	10			
<i>PUZZ parna forma</i>	12	6.51	2.07	1	11	.649**	16.730 (1,105)	.001
<i>PUZZ neparna forma</i>	12	7.36	2.27	2	12			

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skjunis; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; *ICC<sub>avg</sub>* – prosečni intraklasni koeficijent za apsolutno slaganje (model dvosmernog slučajnog efekta, engl. *Two-way random model, absolute agreement type*); *F (df1, df2)* – *F* količnik sa pripadajućim stepenima slobode; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

Finalnu verziju testa Mozaik činilo je 35, a testa Slagalice 36 psihometrijski najadekvatnijih zadataka. Deskriptivne statističke mere finalnih setova zadataka koji su kasnije poslužili za izradu paralelnih formi testova Mozaik i Slagalice date su u Tabeli 11.

Tabela 11

*Deskriptivne statističke mere finalnih setova zadataka u okviru testova Mozaik i Slagalice*

	<i>br. zadataka</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>zSk</i>	<i>zKu</i>	<i>K-S</i>	<i>Mt (s)</i>
<i>MZK</i>	35	17.53	7.06	3	34	0.09	-1.64	0.890	14.12
<i>PUZZ</i>	36	21.63	6.57	6	34	-1.05	-1.70	0.976	13.54

*Napomena.* *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalice; *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skjunis; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; *Mt (s)* – prosečno vreme po zadatku u sekundama

Prosečna tačnost na selektovanim zadacima testa Mozaik iznosila je .50, a sumarno vreme rešavanja iznosilo je 494 sekundi. Sa druge strane, prosečna tačnost na finalnom setu zadataka testa Slagalice iznosila je .60, a sumarno vreme rešavanja iznosilo je 487 sekundi. Parametri oblika distribucije skorova u okviru oba testa ukazali su na dobru podešenost finalnog seta zadataka sposobnostima selektovanog uzorka. Ipak, kako bi se oba testa blago otežala te verovatnoća dosezanja “plafona” u finalnoj fazi istraživanja minimizovala, vremensko ograničenje za oba testa postavljeno je na sedam minuta.

#### 2.1.3.1.6 Simbol

Kao što je ranije već naznačeno, ispitanicima su zadata dva testa Simbola sa ciljem provere adekvatnosti planiranog načina konstrukcije paralelnih formi (vidi odeljak Operacionalizacije faktora kognitivne brzine). U Tabeli 12 prikazane su deskriptivne statističke mere za dve forme testa Simbol. Dve forme pokazale su prihvatljiv stepen slaganja ( $ICC_{avg} = .724, p < .001$ ) te odsustvo značajnijih razlika u težini [ $F(1,105) = 2.927, p < .090$ ]. Ipak, pokazalo se da je distribucija skorova prve forme testa Simbol normalna dok je distribucija druge forme pozitivno asimetrična i leptokurtična. Međutim, nakon uklanjanja dva autlajera koji su imali ekstremno visoke skorove na drugoj formi testa raspodela se približila normalnoj ( $zSk = 1.09, zKu = 1.66$ ) pri čemu se razlika između dve forme dodatno smanjila [ $F(1,103) = 1.782, p < .185$ ].

Tabela 12

*Deskriptivne statističke mere dve forme testa Simbol*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>zSk</i>	<i>zKu</i>	<i>K-S</i>
<i>SIMBOLA</i>	35.10	7.79	15	58	1.94	1.21	0.855
<i>SIMBOLB</i>	36.33	8.15	15	66	3.68**	4.89**	1.041

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skjunis; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

Kako dobijeni nalazi govore u prilog tome da je na predloženi način moguće konstruisati veći broj konceptualno paralelnih formi, odlučeno je da se na istovetan način formiraju preostale dve verzije testa Simbol, a koje bi se oslanjale na prethodno opisane kriterijume konstrukcije.

### 2.1.3.1.7 Vizuelna potraga

Paralelne forme testa Vizuelna potraga nisu testirane u okviru ove faze istraživanja pošto se očekivalo da način konstrukcije ovih formi praktično osigurava paralelnost. Naime, paralelne forme testa Vizuelna potraga konstruisane su tako što je svaki drugi red figura transformisan u svoj odraz u ogledalu, nakon čega su redovi figura randomizovani. Kao i u preliminarnoj formi, u sve četiri forme testa održan je odnos zastupljenosti dve figure-mete po redovima, odnos stimulusa-meta i distraktora, kao i odnos zastupljenosti dve figure-mete na nivou cele liste.

### 2.1.4 Zaključak o razvoju testova intelektualnih sposobnosti

U okviru ove faze istraživanja osmišljen je i empirijski testiran veliki broj zadataka namenjen proceni četiri široka faktora intelektualnih sposobnosti definisanih u okviru CHC modela inteligencije, a koji je poslužio kao početni set za konstrukciju empirijski zasnovanih paralelnih formi instrumenata. Svi zadaci i testovne forme konstruisani su po ugledu na postojeće konceptualizacije i operacionalizacije kognitivnih sposobnosti od interesa i osmišljeni su tako da relativno fokalno mere sržne karakteristike svakog od četiri široka faktora inteligencije.

U pogledu testova namenjenih proceni *Gf* i *Gc* pokazalo se da početni setovi zadataka predstavljaju dovoljno veliki korpus iz koga je moguće selektovati zadatke adekvatnog psihometrijskog kvaliteta te formirati četiri ujednačene forme svakog od ovih testova. Empirijske provere mogućnosti konstrukcije paralelnih formi testova *Gv* i testa Simbol ukazale su na prihvatljiv stepen slaganja ovako konstruisanih formi, te na adekvatnost transformacija početnih zadataka u cilju konstrukcije paralelnih verzija ovih

testova. Dodatno, dobijeni parametri težine i diskriminativnosti ukazali su na adekvatnu podešenost težine većine testova ispitivanoj populaciji. Konačno, u okviru ove faze istraživanja, za testove namenjene proceni  $Gf$ ,  $Gc$  i  $Gv$  prikupljeni su empirijski pokazatelji vremena potrebnog za rešavanje pojedinačnih zadataka i testova u celini koji bi omogućili adekvatno postavljanje vremenskih ograničenja na nivou testova, a u cilju dodatne optimizacije težine testova ispitivanoj populaciji.

U konačnici, produkt konstrukcije testova sposobnosti činile su četiri ekonomične baterije instrumenata namenjene obuhvatnoj proceni četiri faktora kognitivnih sposobnosti u verbalnom i neverbalnom modalitetu procenjenog vremena administracije od oko 35 minuta.

### **2.1.5 Razvoj zadataka egzekutivnih funkcija**

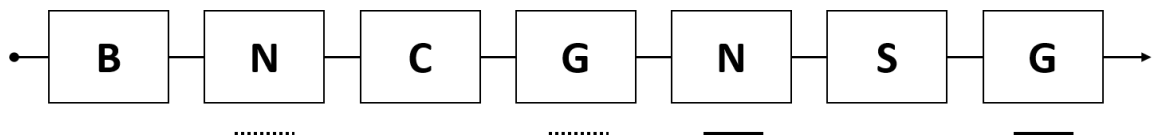
U cilju procene tri egzekutivne funkcije koje pretpostavlja model Mijakija i saradnika (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012) – ažuriranja, inhibicije i premeštanja, konstruisano je ukupno šest zadataka, po dva za svaku od funkcija – jedan u verbalnom i jedan u neverbalnom domenu. Zadaci su konstruisani po ugledu na postojeće operacionalizacije ovih egzekutivnih funkcija, pri čemu je vođeno računa o tome da zadaci unutar date egzekutivne funkcije budu približno sličnog trajanja, da imaju sličnu strukturu i kompleksnost te u tom smislu budu međusobno uporedivi. Svi zadaci su konstruisani i zadavani na platformi OpenSesame (Mathôt, Schreij, & Theeuwes, 2012).

#### **2.1.5.1 Operacionalizacije egzekutivne funkcije ažuriranja**

Za potrebe procene sposobnosti ažuriranja informacija u radnoj memoriji konstruisana su dva 3-unazad zadatka – verbalni i spacijalni. Ovaj tip zadataka često je korišćen u ranijim studijama koje su za cilj imale upravo operacionalizaciju efikasnosti kontinuiranog nadgledanja i kodiranja informacija koje pristižu u memoriju uz njihovo simultano revidiranje (npr. Friedman et al., 2006; Miyake et al., 2000; Purić, 2013). Format od 3-unazad nasuprot 2- ili 1-unazad odabran je kako bi zadaci bili što kompleksniji, kognitivno zahtevniji i diskriminativniji te kako bi se verovatnoća dostizanja maksimalnog skora u zadatku minimizovala.

#### 2.1.5.1.1 Verbalni 3-unazad zadatak

Stimuluse u verbalnom 3-unazad zadatku činilo je deset kvazi-slučajno odabranih suglasnika latiničnog alfabeta (G, F, V, S, T, H, R, N, C i B). Zadatak je koncipiran tako da se sastoji od jednog bloka za vežbu i pet testovnih blokova u kojima se ispitanicima u trajanju od 1000ms sukcesivno izlažu slova na sredini ekrana, a njihov zadatak je da pritiskom na taster odreaguju kada ustanove da je trenutno prikazani stimulus identičan onom koji im je bio prikazan u *trećoj* prezentaciji pre trenutne (Slika 11). Inter-stimulusni interval (ISI) iznosio je 500ms.



Primer sekvence od sedam stimulusa u okviru koje se nalaze dva znaka za navođenje (engl. *cue*) – obeleženi isprekidanim linijama i dva stimulusa-mete – obeleženi punim linijama

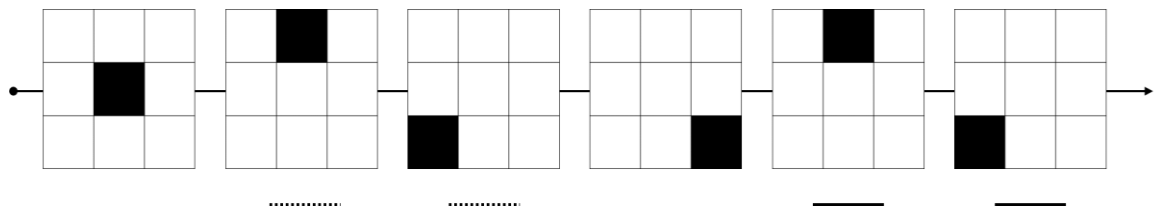
Slika 11. Zadatak 3-unazad u verbalnom modalitetu

Dakle, zadatak od ispitanika zahteva da neprestano revidira informacije koje mu pristižu u memoriju, uz simultano upamćivanje novih i “brisanje” starih reprezentacija. Kako bi se zadatak učinio što kompleksnijim dužina niza u okviru jednog bloka iznosila je 32, pri čemu se u svakom bloku nalazilo ukupno osam slova-mete na koje je potrebno reagovati, dok bi reakcija na preostale stimuluse iz bloka trebalo da izostane. Kako unutar, tako i između blokova, stimulusi su uređeni tako da se slova-mete pseudo-nasumičnim redosledom javljaju na različitim pozicijama u nizu. Dodatno, unutar blokova, svako slovo je prikazano približno isti broj puta, a na nivou celog zadatka broj prikazivanja pojedinačnih slova bio je relativno ujednačen. Konačno, na nivou celog zadatka, sva slova su podjednak broj puta prikazana kao stimulusi-mete. Redosled prikazivanja stimulusa u okviru svakog bloka bio je fiksna te isti za sve ispitanike.

#### 2.1.5.1.2 Neverbalni 3-unazad zadatak

Primer sekvence iz neverbalnog 3-unazad zadatka prikazan je na Slici 12. Ispitanicima se prezentuje matrica 3x3, a njihov zadatak je da pritiskom na taster signaliziraju kada se zatamnjeno polje nađe na istoj poziciji u matirci na kojoj se nalazilo u *trećoj* prezentaciji pre trenutne. Zatamnjeno polje se ispitanicima prikazuje u trajanju od 1000ms, nakon čega sledi ISI u trajanju od 500ms tokom kog se na ekranu prikazuje “prazna” matrica, tj. matrica bez ijednog zatamnjenog polja. Kako se stimulusi prikazuju

sekvencijalno, na ovaj način stvara se utisak da određeno polje matrice “trepne”, odnosno da se crno polje “kreće” po matrici.



Primer sekvence od šest stimulusa u okviru koje se nalaze dva znaka za navođenje – obeleženi isprekidanim linijama i dva stimulusa-mete – obeleženi punim linijama

*Slika 12. Zadatak 3-unazad u neverbalnom modalitetu*

Kao i u prethodnom slučaju, i ovaj zadatak sastojao se od bloka za vežbu i pet testovnih blokova, sa po 32 stimulusa, pri čemu se u svakom bloku nalazilo ukupno osam pozicija-meta na koje je potrebno reagovati, dok na preostale prikazane stimuluse ne treba reagovati. Redosled pozicija-meta, kao i ostalih stimulusa-pozicija u okviru svakog bloka je pseudo-randomiziran. Broj pojavljivanja svake od devet pozicija je približno ujednačen kako na nivou pojedinačnih blokova, tako i na nivou čitavog zadatka. Redosled prikazivanja stimulusa u okviru svakog od blokova je fiksiran te isti za sve ispitanike.

### **2.1.5.2 Operacionalizacije egzekutivne funkcije inhibicije**

Kao mere kognitivne inhibicije konstruisana dva zadatka – verbalni i neverbalni<sup>13</sup> – koja počivaju na tzv. Strupovom efektu (Stroop, 1935). Naime, zadaci ovog tipa predstavljaju neizostavnu meru kognitivne inhibicije koja je u različitim formama često korišćena u ranijim studijama (vidi Friedman et al., 2006; Miyake et al., 2000; Purić, 2013). U srži predmeta merenja oba konstruisana zadatka je voljno prevazilaženje i zaustavljanje dominantnih, automatskih reakcija u kontekstu dva konfliktna procesa.

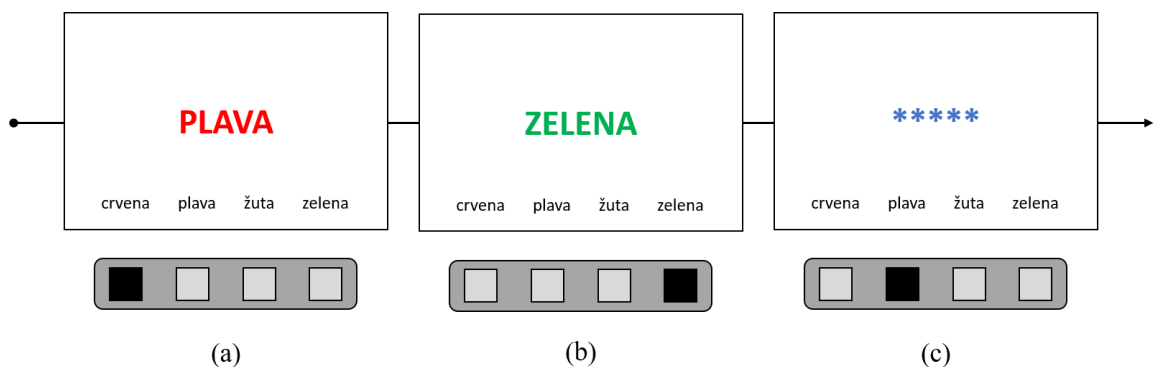
#### **2.1.5.2.1 Verbalni Strupov zadatak**

Verbalni zadatak inhibicije konstruisan je po ugledu na klasičan Strupov zadatak (Stroop, 1935). U zadatku su korišćene četiri boje: crvena, plava, žuta i zelena i njihove pripadajuće verbalne oznake, kao i neutralni niz simbola (Slika 13). Korišćene su sledeće kategorije stimulusa: nazivi boja u kongruentnom odnosu (npr. reč crvena ispisana crvenim slovima), nazivi boja u nekongruentnom odnosu (npr. reč crvena ispisana žutim

<sup>13</sup> Iako i jedan i drugi zadatak sadrže materijal verbalnog i neverbalnog tipa, naziv zadatka odnosi se na tip materijala koji je nepohodno inhibirati.

slovima), i nizovi simbola u neutralnom odnosu (niz zvezdica ispisan bilo kojom od četiri boje).

Zadatak izgleda tako što se na sredini ekrana kvazi-slučajnim redosledom sekvencijalno izlažu stimulusi (neutralni, kongruentni i nekongruentni), a od ispitanika se traži da pritiskom na odgovarajući taster signalizira boju kojom su nizovi simbola i reči ispisani, pri tom inhibirajući verbalne oznake boja. Prilikom svake prezentacije stimulus ostaje prikazan na ekranu sve dok ispitanik ne da tačan odgovor, nakon čega se, po isteku ISI u trajanju od 500ms, prikazuje naredni stimulus. Kako bi se učešće memorijskih procesa u zadatku svelo na minimum, a reakcije relativno brzo usvojile, u dnu ekrana ispitanicima je u svakom momentu dostupan “podsetnik”, tj. šta reagovanje na svaki od četiri tastera putem kojih daju odgovore označava, a poredak tastera odgovarao je prostornom redosledu popisanih odgovora. Redosled ovih odgovora prilikom svakog prikazivanja stimulusa bio je fiksiran za sve ispitanike.



Primer sekvence sa nekongruentnim (a), kongruentnim (b) i neutralnim stimulusom (c)

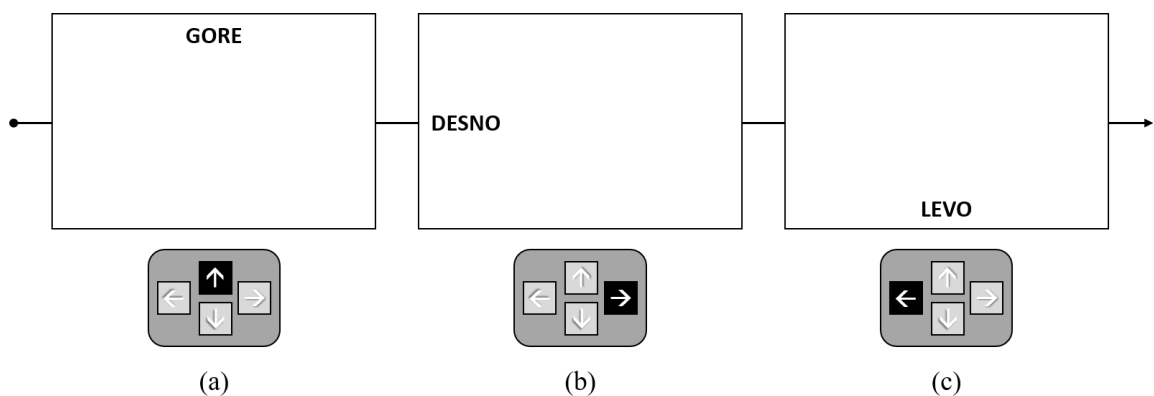
*Slika 13.* Verbalni Strupov zadatak

Zadatak je činilo ukupno 112 stimulusa, po 48 nekongruentnih i neutralnih i 16 kongruentnih stimulusa. Redosled izlaganja stimulusa bio je fiksiran, pri čemu se isti tip stimulusa mogao javiti najviše tri puta uzastopno, a dva stimulusa koja su na bilo koji način podrazumevala istu boju nisu mogla neposredno slediti jedan za drugim (Purić, 2013). Mera inhibicije računa se kao razlika između prosečnih vremena reakcije na neutralne stimuluse kod kojih ne postoje dva simultano suprotstavljena procesa i nekongruentne stimuluse kod kojih su ovi procesi na snazi.



### 2.1.5.2.2 Neverbalni Strupov zadatak

Neverbalni Strupov zadatak osmišljen je kao ekvivalent klasičnoj formi ovog zadatka. U ovom zadatku ispitanicima se pseudo-slučajnim redosledom prezentuju reči koje označavaju pozicije (gore, dole, levo, desno), na kongruentnim i nekongruentnim pozicijama na ekranu, a njihov zadatak je da pritiskom na odgovarajući taster odgovore na poziciju koja im je verbalno prezentovana inhibirajući neverbalnu oznaku pozicije. Dakle, dok se u prvoj varijanti ovog zadatka inhibira verbalna oznaka stimulusa i reaguje na neverbalnu, u ovoj verziji ispitanik inhibira neverbalni, tj. specijalni aspekt stimulacije i odgovara na njen verbalni aspekt (Slika 14).



Primer sekvence sa kongruentnim stimulusom (a), i dva tipa nekongruentnih stimulusa - suprotni (b) i ne-suprotni (c)

Slika 14. Neverbalni Strupov zadatak

Zadatak se sastoji od ukupno 72 stimulusa, po 24 stimulusa prikazanih u kongruentnoj (npr. reč *dole* prikazana u dnu ekrana), nekongruentnoj suprotnoj (npr. reč *dole* prikazana u vrhu ekrana) i nekongruentnoj ne-suprotnoj situaciji (npr. reč *dole* prikazana u levoj polovini ekrana).

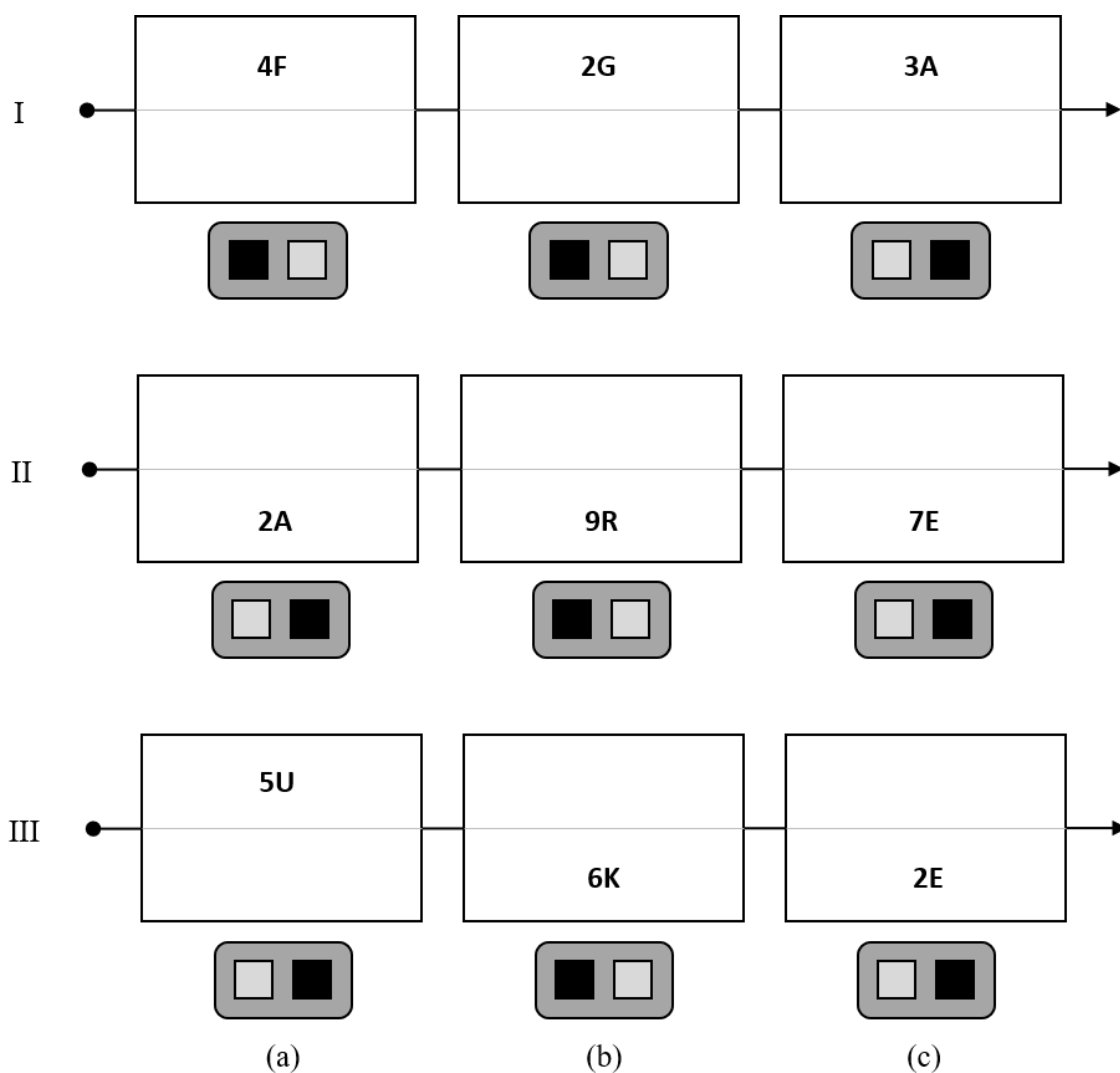
Kao i u prethodnom zadatku, stimulus prilikom svake prezentacije ostaje prikazan na ekranu sve dok ispitanik ne da tačan odgovor. Takođe, redosled izlaganja stimulusa bio je fiksiran, pri čemu se isti tip stimulusa mogao javiti najviše tri puta uzastopno, a dva stimulusa koja su na bilo koji način podrazumevala istu poziciju nisu mogla neposredno slediti jedan za drugim. Skor se računa kao razlika između prosečnih vremena reakcije na kongruentne i nekongruentne suprotne stimuluse.

### **2.1.5.3 Operacionalizacije egzekutivne funkcije premeštanja**

Zadaci Broj-slovo i Lokal-global, konstruisani su u cilju procene egzekutivne funkcije premeštanja u verbalnom, odnosno neverbalnom domenu. Format zadataka preuzet je iz ranijih studija (npr. Friedman et al., 2006; Miyake et al., 2000; Purić, 2013), a sami zadaci su adaptirani kako bi odgovarali potrebama ovog istraživanja. Prethodne studije sugerišu da ovi tipovi zadataka teže da budu visoko zasićeni latentnim faktorom egzekutivne funkcije premeštanja te posledično predstavljaju dobre markere ove funkcije koje odlikuje relativno nizak kompleksitet (vidi Miyake et al., 2000; Purić, 2013). Naime, u slučaju oba zadatka fokus je na sposobnosti fleksibilnog i brzog prebacivanja pažnje sa jednog aspekta stimulacije na drugi, a upravo ove sposobnosti su definišuće za egzekutivnu funkciju premeštanja (Miyake et al., 2000).

#### **2.1.5.3.1 Zadatak Broj-slovo**

Zadatak Broj-slovo sastoji se od tri bloka u kojima se ispitanicima na ekranu sekvencijalno izlažu parovi broj-slovo, pri čemu je ekran tokom čitavog zadatka horizontalnom linijom podeljen na gornju i donju polovinu. U prvom bloku parovi broj-slovo izlažu se samo u gornjoj polovini ekrana, a zadatak ispitanika je da pritiskom na taster donese binarnu odluku i odgovori da li je broj koji je prikazan paran ili neparan. U drugom bloku parovi broj-slovo izlažu se samo u donjoj polovini ekrana, a zadatak ispitanika je da pritiskom na odgovarajući taster signalizira da li je prikazano slovo u paru samoglasnik ili suglasnik. U trećem, kritičnom bloku, parovi broj-slovo javljaju se i u gornjoj i u donjoj polovini ekrana kvazi-nasumičnim redosledom, pri čemu je, u zavisnosti od pozicije na ekranu potrebno naizmenično reagovati na brojeve, odnosno slova. Tako, ukoliko je par prikazan u gornjoj polovini ekrana ispitanik treba da reaguje na broj, dok ukoliko je par prikazan u donjoj polovini ekrana treba reagovati na slovo (Slika 15). Ukoliko bi ispitanik pogrešio, na ekranu bi se pojavio crveni znak X, a izlaganje stimulusa bi se nastavilo dok ispitanik ne da tačan odgovor. Po davanju tačnog odgovora, a nakon ISI od 500ms prikazao bi se naredni stimulus.



Primeri sekvenci u blokovima I (reagovanje na brojeve – parni, levi taster; neparni, desni taster), II (reagovanje na slova – samoglasnik, desni taster; suglasnik, levi taster), i III (mešoviti blok). U III bloku sa premeštanjem (engl. *shifting block*) premeštanje je neophodno u odgovoru na drugi stimulus (b), dok odgovor na poslednji stimulus (c) ne zahteva premeštanje.

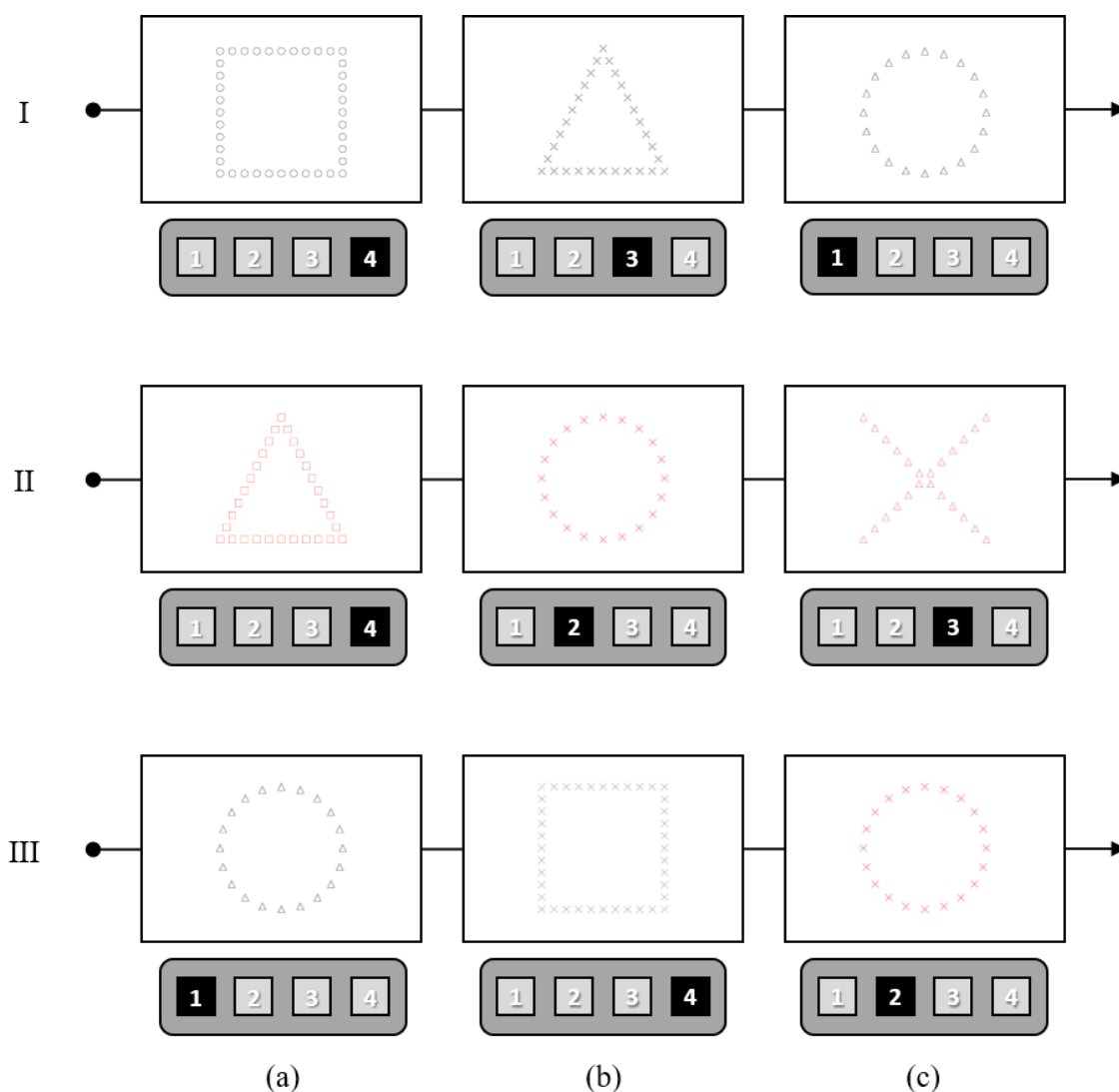
Slika 15. Zadatak Broj-slovo

U zadatku su korišćeni parni brojevi 2, 4, 6 i 8, i neparni brojevi 1, 3, 5, 7, 9. Slova A, E, I, i U su korišćena za samoglasnike, a slova F, G, K, i R za suglasnike (Purić, 2013). Prvi i drugi blok sadržali su po 32 stimulusa, dok je broj stimulusa u trećem bloku iznosio 64. Stimulusi su u svakom bloku izlagani fiksnim, pseudo-slučajnim redosledom, pri čemu je vođeno računa da se nijedan od elemenata u paru ne javi u dve uzastopne prezentacije stimulusa. U trećem bloku broj stimulusa kojima prethodi stimulus istog tipa (situacija bez premeštanja; engl. *non-shifting*) bude jednak broju stimulusa kojima prethodi stimulus različitog tipa (situacija premeštanja; engl. *shifting*). Dodatno, u ovom bloku maksimalan broj uzastopnih ponavljanja stimulusa istog tipa ograničen je na tri.

Struktura zadatka je takva da svakom testovnom bloku prethodi vežba tokom koje ispitanici imaju priliku da se upoznaju sa blokom koji sledi te uvežbaju reakcije. Skor na zadatku računa se kao razlika u prosečnom vremenu reakcije između prvih dva bloka uzeta zajedno i trećeg bloka te predstavlja meru troška premeštanja (engl. *shifting cost*).

#### 2.1.5.3.2 *Zadatak Lokal-global*

U zadatku Lokal-global ispitaniku se prikazuju Navonove figure kod kojih je kontura veće, globalne figure ocrтана manjim, lokalnim figurama. Stimulusi koji su korišćeni kao lokalne figure, odnosno konture globalnih figura preuzeti su iz istraživanja Purić (2013), a činili su ih geometrijski oblici krug, trougao, kvadrat i iks. Zadatak se sastoji od tri bloka. U prvom bloku ispitanicima se na sredini ekrana prikazuju figure u crnoj boji, a njihov zadatak je da pritiskom na odgovarajući taster odgovore od koliko linija se sastoji velika figura, pri čemu prostorni redosled tastera odgovara vrednostima 1, 2, 3, 4, sleva nadesno. U drugom bloku, ispitanici odgovaraju od koliko linija se sastoji mala figura, pri čemu se stimulusi prikazuju u crvenoj boji. U trećem, mešovitom bloku ispitanicima se naizmenično izlažu crne i crvene figure, a njihov zadatak je da pritiskom na taster označe broj linija od kojih se sastoji mala odnosno velika figura, pri čemu je marker traženog odgovora boja figure. Tako, ukoliko je prikazana figura crne boje treba reagovati na globalne karakteristike, a ukoliko je prikazana figura crvene boje na njene lokalne karakteristike (Slika 16). Slično kao i u prethodnom zadatku pre svakog od blokova ispitanici prolaze kroz vežbu datog bloka putem koje se mogu upoznati sa blokom koji sledi te uvežbati reakcije na stimulse.



Primeri sekvenci u blokovima I (broj linija velike figure), II (broj linija male figure), i III (mešoviti blok). U III bloku premeštanje je neophodno u odgovoru na poslednji stimulus (c), dok odgovori na prva dva stimulusa (a) i (b) ne zahtevaju premeštanje.

Slika 16. Zadatak Lokal-global

Prva dva bloka sadržala su po 24 stimulusa, a treći, mešoviti blok sastojao se od ukupno 48 stimulusa. Kao i u prethodnim zadacima, stimulusi se u svakom bloku izlažu sekvencijalno i prikazani su na ekranu sve do trenutka davanja tačnog odgovora. Stimulusi se u svakom bloku prikazuju fiksnim, pseudo-slučajnim redosledom, ISI iznosi 500ms, a poredak stimulusa u čitavom zadatku je uređen tako da se isti elementi stimulusa datog tipa ne mogu pojaviti u dva uzastopna prikazivanja. Kao i u prethodnom zadatku, u heterogenom bloku broj stimulusa kojima prethodi stimulus istog tipa ujednačen je sa brojem stimulusa kojima prethodi stimulus različitog tipa, a maksimalan broj uzastopnih ponavljanja stimulusa istog tipa ograničen je na tri.

Usporeenje u vremenu reakcije do kog dolazi u trećem bloku u odnosu na prosek dva mono-bloka predstavlja trošak premeštanja te se izražava kao razlika u prosečnim vremenima reakcije između ovih blokova.

#### **2.1.5.4 Konstrukcija paralelnih formi zadataka egzekutivnih funkcija**

Imajući u vidu da zadaci egzekutivnih funkcija, za razliku od testova sposobnosti, mere kognitivne procese nižeg nivoa te se njihove operacionalizacije svode na relativno jednostavne reakcije na različite klase stimulusa ujednačene kompleksnosti i težine, otvara se mogućnost konstrukcije paralelnih formi zadataka jednostavnim transformacijama početnog seta zadataka. Naime, može se očekivati da ukoliko se izmeni redosled izlaganja, uz očuvanje formalnih aspekata zadatka, a bez promene samih stimulusa, to neće uticati na težinu zadatka, niti na promenu njegovog predmeta merenja. Sa druge strane, transformacijom površinskih aspekata zadatka, u izvesnoj meri menja se sekvenca reakcija na stimulaciju, te minimizuje efekat implicitnog učenja redosleda adekvatnih reakcija. U skladu sa tim, paralelne forme zadataka egzekutivnih funkcija konstruisane su tako što je u okviru svakog zadatka (i svakog bloka unutar pojedinačnih zadataka), redosled stimulusa drugačije prerandomiziran uz vođenje računa o tome da svi prethodno opisani formalni aspekti zadataka (vreme ekspozicije, poredak stimulusa istog i različitog tipa u okviru zadataka, i sl.) ostanu nepromenjeni. Na primer, ukoliko jedna forma verbalnog testa ažuriranja sadrži sledeću sekvencu izlaganja stimulusa:  $S \rightarrow \underline{F} \rightarrow \underline{R} \rightarrow G \rightarrow \underline{F} \rightarrow \underline{R} \rightarrow$ , sekvenca u drugoj formi testa bi bila  $T \rightarrow \underline{R} \rightarrow \underline{V} \rightarrow N \rightarrow \underline{R} \rightarrow \underline{V} \rightarrow$ . Na ovaj način, načelno je obezbeđena visoka paralelnost različitih formi zadataka.

#### **2.1.6 Zaključak o razvoju zadataka egzekutivnih funkcija**

U okviru ove faze istraživanja, po ugledu na postojeće operacionalizacije egzekutivnih funkcija ažuriranja, inhibicije i premeštanja konstruisano je šest zadataka, po dva za svaku od egzekutivnih funkcija. Na osnovu početnog seta, konstruisane su po četiri forme svakog zadatka izmenom redosleda izlaganja stimulusa pri čemu su svi formalni aspekti pojedinačnih zadataka kroz forme držani konstantnim. Budući da ovakav kriterijum konstrukcije formi testova praktično obezbeđuje njihovu paralelnost u okviru ove faze oni nisu empirijski testirani.

Finalni produkt ove faze istraživanja činile su četiri ekonomične baterije za procenu egzekutivnih funkcija ažuriranja, inhibicije i premeštanja u verbalnom i neverbalnom domenu procenjenog vremena administracije od oko 45 minuta.

## 2.2 Psihometrijska evaluacija instrumenata

### 2.2.1 Uvod

Na narednim stranicama biće prikazana druga faza studije u okviru koje je izvršena detaljna psihometrijska provera i evaluacija konstruisanih testova i zadataka. U prvom delu ovog odeljka biće razmotrena pitanja paralelnosti, psihometrijskog kvaliteta, kao i valjanosti različitih formi testova sposobnosti. U drugom delu, biće prikazana evaluacija i validacija zadataka egzekutivnih funkcija. Na posletku, biće prikazane i diskutovane psihometrijske relacije između kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija sa posebnim osvrtom na ranije studije koje su se bavile odnosom širokih faktora intelektualnih sposobnosti i jednostavnih zadataka egzekutivnih funkcija.

#### 2.2.1.1 *Evaluacija testova kognitivnih sposobnosti*

Jedan od ciljeva ove faze je dodatna provera paralelnosti prethodno-konstruisanih testova kognitivnih sposobnosti. Naime, budući da ishod finalnog, eksperimentalnog dela studije direktno zavisi od kvaliteta konstruisanih testova kao i stepena njihove paralelnosti, u ovom delu studije prikupljena je dodatna evidencija o paralelnosti na novom, nezavisnom uzorku. Kako su parametri na osnovu kojih su konstruisane četiri forme testova mogli biti pod uticajem različitih kontekstualnih faktora, pre svih količine i redosleda zadataka koje su ispitanici rešavali kao i činjenice da većina testova nije imala vremensko ograničenje na nivou celog testa već po pojedinačnim zadacima, činilo se neophodnim empirijski validirati sve aspekte konstruisanih testova u onoj formi u kojoj će oni biti korišćeni u eksperimentalnoj fazi. Dodatno, u ovoj fazi izvršena je dopuna baterije testovima čije su paralelne forme samo konceptualno proverene u prethodnoj fazi, pre svega testova vizuelnih sposobnosti i testova kognitivne brzine. Dakle, prvi cilj ove faze bio je usmeren na validiranje odluka koje su donete prilikom konstrukcije različitih testova u prethodnoj fazi (odabir zadataka, adekvatnost vremenskog ograničenja, itd.), zatim pribavljanje empirijske evidencije o stepenu paralelnosti za svaki od testova u formatu u kom će biti zadavani u finalnom delu studije, te identifikaciju potreba za eventualnim korekcijama instrumenata.

Drugi cilj ove faze istraživanja bila je psihometrijska evaluacija i validacija konstruisanih instrumenata. Svi testovi su, u skladu sa zahtevima koje nameće sam



predmet istraživanja, konstruisani sa namerom da predstavljaju maksimalno ekonomične instrumente u pogledu dužine trajanja. Naime, budući da su naknadni efekti tDCS-a ograničenog trajanja, ukoliko se želi testirati više kognitivnih funkcija neophodno je koristiti testove koji su relativno kratki kako vreme njihovog rešavanja ne bi potencijalno prevazilazilo vreme trajanja naknadnih efekata stimulacije. Ovakve restrikcije koje su postavljene pred instrumente, svakako se u velikoj meri mogu odraziti na njihove interne psihometrijske karakteristike potencijalno ih čineći nedovoljno diskriminativnim, pouzdanim i reprezentativnim za adekvatno merenje konstrukata od interesa. Dakle, ova faza imala je za cilj da evaluiira stepen psihometrijskog kvaliteta konstruisanih instrumenata te utvrdi da li je prilikom konstrukcije testova na zadovoljavajući način postignut optimum između ekonomičnosti instrumenata i njihovih psihometrijskih karakteristika.

Pored toga, budući da o konstruisanim testovima, izuzev pojavne validnosti, ne postoji empirijska evidencija o njihovoj spoljnoj validnosti, u okviru ove faze istraživanja testovi kognitivnih sposobnosti su validirani spram eksternih testovnih markera svakog od četiri faktora intelektualnih sposobnosti. Kao testovni markeri četiri faktora koja pretpostavlja CHC model (*Gf*, *Gc*, *Gv* i *Gs*) odabrani su redom: Kratka forma Ravenovih progresivnih matrica (*RM*) (Pallier et al., 2002), Test sinonima (*GSN*), Test specijalnih sposobnosti (*IT2*), i Test identičnih figura (*ITI*) (Wolf et al., 1992).

Ravenove progresivne matrice su odabrane za validaciju testova fluidnih sposobnosti – Fluidne analogije i Matrice. Ravenove matrice predstavljaju jednu od prvih i najuspešnijih operacionalizacija edukacije relacija i korelata (Penrose & Raven, 1936; Raven, 1938; Spearman, 1904, 1927, 1946). Usled visokog nivoa kompleksnosti i apstrakcije (Snow et al., 1984) mnogi autori ovaj test smatraju jednim od najboljih neverbalnih testova fluidnih sposobnosti, ali i “čistom” merom *G* faktora (Carroll, 1993; Jensen, 1998; Spearman, 1946; Vernon & Parry, 1949). Poslednično, *RM* predstavljaju jedan od najčešće korišćenih testova inteligencije (Mackintosh, 1998; Raven, 2000). Test *GSN* potiče iz baterije za procenu intelektualnih sposobnosti *KOG9* (Wolf et al., 1992). *GSN* je odabran u cilju provere konvergentne validnosti testova Sinonim-antonim i Kristalizovane asocijacije budući da su prethodna istraživanja pokazala da ovaj instrument predstavlja jedan od najboljih testovnih markera serijalnog procesora postuliranog u okviru Kibernetičkog modela kognitivnih funkcija (Lazarević & Knežević, 2008; Wolf et al., 1992), a koji u velikoj meri odgovara redukovanoj koncepciji *Gc* u

okviru CHC modela kognitivnih sposobnosti (Carroll, 1993, 1997, 2005; McGrew, 2009). Kao validacioni testovni marker  $G_v$  korišćen je test  $IT2$  namenjen proceni spacijalne vizuelizacije u okviru baterije za procenu kognitivnih sposobnosti  $KOG9$  (Wolf et al., 1992). Ovaj test predstavlja najbolji marker faktora paralelnog procesiranja (Lazarević & Knežević, 2008) postuliranog u okviru Kibernetičkog modela, a koji se može shvatiti kao amalgam  $G_f$  i  $G_v$ . Test identičnih figura  $IT1$  (Wolf et al., 1992) koji, takođe, potiče iz  $KOG9$  baterije testova odabran je kao validacioni testovni marker  $G_s$ . Ovaj test namenjen je proceni efikasnosti perceptivnog procesora postuliranog u okviru Kibernetičkog modela koji u velikoj meri odgovara koncepciji  $G_s$  u okviru CHC modela (Carroll, 1993, 1997, 2005; McGrew, 2009) budući da indikatore ovog procesora čine tipični testovi brzine namenjeni merenju efikasnosti perceptivne identifikacije i diskriminacije. Ovaj test je odabran jer su ranije faktorsko-analičke studije pokazale da ga odlikuje relativno nizak kompleksitet, za razliku od preostala dva testa pomenutog faktora iz ove baterije koje karakteriše veća perceptivna kompleksnost te nejednoznačno markiranje faktora perceptivne brzine (vidi Lazarević & Knežević, 2008).

Pored provere konvergentne/divergentne validnosti konstruisanih testova proverena je i njihova prediktivna vrednost u odnosu na relevantan spoljni kriterijum – akademsko postignuće, operacionalizovano kroz prosečnu ocenu na studijama. U ranijim istraživanjima pokazalo se da su testovi intelektualnih sposobnosti najbolji prediktor školskog postignuća (npr. Kuncel et al., 2004), te se ovaj kriterijum često koristi kako bi se ukazalo na praktičnu vrednost testova inteligencije (vidi Jensen, 1998).

Konačno, ova faza imala je za cilj proveru strukturalnih relacija između mera kognitivnih sposobnosti. Naime, u okviru ove faze provereno je u kojoj meri konstruisani testovi teže da se grupišu na način na koji to pretpostavlja CHC model ljudskog intelekta (Carroll, 1993, 1997, 2005; McGrew, 2009).

### **2.2.1.2 *Evaluacija zadataka egzekutivnih funkcija***

U okviru ove faze empirijski je proverena i validirana konstruisana baterija zadataka egzekutivnih funkcija. Zadaci su konstruisani u verbalnom i neverbalnom domenu sa namerom da markiraju korespondentne egzekutivne funkcije postulirane modelom Mijakija i saradnika (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012). U skladu sa tim, u okviru ove faze prikazan je i diskutovan kvalitet

mera prikupljenih konstruisanim zadacima, te njihove međusobne relacije. Naposljetku, biće prikazana i diskutovana adekvatnost svake od mera kao markera postuliranih egzekutivnih funkcija te njihov kvalitet i stepen u kom njihova latentna struktura i relacije odgovaraju pretpostavljenim trofaktorskim modelu odvojenih ali povezanih egzekutivnih funkcija (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012). Paralelnost testova egzekutivnih funkcija nije testirana budući da način na koji su paralelne forme zadataka konstruisane, obezbeđuje njihovu ekvivalentnost čineći empirijsku verifikaciju njihove paralelnosti izlišnom.

### **2.2.1.3 Odnos između kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija**

Egzekutivne funkcije predstavljaju gradivne blokove viših kognitivnih sposobnosti, te je ispitivanje njihovog učešća u kogniciji višeg reda jedan od primarnih zadataka kako kognitivne, tako i diferencijalne psihologije. Uprkos tome prethodna istraživanja uglavnom su nesistematski ispitivala relacije između izolovanih faktora ili kompozitnih mera intelektualnih sposobnosti, sa jedne, i kompleksnih zadataka egzekutivnih funkcija, kao što su različiti dualni zadaci i zadaci opsega radne memorije, Viskonsin test sortiranja karata (engl. *Wisconsin Card Sorting test, WCST*), Hanojska kula (engl. *Tower of Hanoi, TOH*) i sl., sa druge strane. Ove studije su ukazale na relacije između kognitivnih sposobnosti sa jedne i kognitivne inhibicije (Arffa, 2007; Salthouse et al., 2003), kapaciteta radne memorije (Ackerman et al., 2005; Arffa, 2007; Chuderski et al., 2012; Colom, 2004; Colom et al., 2008, 2005; Conway et al., 2002; Duncan et al., 2012; Engle et al., 1999; Kane et al., 2004; Kane et al., 2005; Kyllonen & Christal, 1990; Martínez et al., 2011; McCabe et al., 2010; Miyake et al., 2001; Oberauer et al., 2005, 2008; Salthouse et al., 2003; Shelton et al., 2009; Unsworth et al., 2009; Unsworth, 2010) te egzekutivne funkcije premeštanja (Ardila, Pineda, & Rosselli, 2000; Arffa, 2007; Salthouse, Fristoe, McGuthry, & Hambrick, 1998), sa druge strane. Kako zadaci egzekutivnih funkcija, pored specifičnih funkcija od interesa, dodatno teže da mere konglomerate različitih egzekutivnih i ne-egzekutivnih procesa (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000), te ih ne odlikuje dovoljna fokalnost merenja, što je posebno prisutno kod kompleksnih zadataka ovih funkcija, postavlja se pitanje validnosti dobijenih nalaza u smislu izvođenja zaključaka o specifičnom učešću pojedinačnih egzekutivnih funkcija u faktorima sposobnosti. Sliku o odnosu egzekutivnih funkcija i kognitivnih sposobnosti dodatno zamagľuje činjenica da je fokus većeg broja ranijih

studija bio na ispitivanju kliničkih populacija sa neuralnim oštećenjima prefrontalnih oblasti i starijih osoba, što čini dobijene rezultate nedovoljno generalizabilnim na opštu populaciju kognitivno intaktnih ispitanika.

Malobrojne studije koje su se fokusirale na ispitivanje odnosa intelektualnih sposobnosti i jednostavnih zadataka egzekutivnih funkcija, slično nalazima o povezanosti intelektualnih sposobnosti i kapaciteta radne memorije ukazale su na supstantivne relacije između egzekutivne funkcije ažuriranja i kognitivnih sposobnosti, uz praktično odsustvo povezanosti inhibicije i premeštanja sa intelektualnim sposobnostima kada se kontroliše varijansa koju ove funkcije dele sa egzekutivnom funkcijom ažuriranja (npr. Benedek et al., 2014; Friedman et al., 2006, 2008; Martínez et al., 2011; Oberauer et al., 2008; Wongupparaj et al., 2015). U skladu sa tim autori zaključuju da neke od fundamentalnih nadzornih funkcija nisu pokrivene konvencionalnim testovima inteligencije (npr. Friedman et al., 2006).

U cilju doprinosa empirijskoj građi o specifičnom učešću pojedinačnih egzekutivnih funkcija u kogniciji višeg reda u okviru ove faze studije ispitane su relacije između dva klastera mera koja počivaju na dobro utvrđenim i empirijski verifikovanim modelima – četiri široka faktora intelektualnih sposobnosti definisanih i elaboriranih u okviru CHC modela ljudskog intelekta (Carroll, 1993, 1997, 2005; McGrew, 2009) i fokalnih mera egzekutivnih funkcija ažuriranja, inhibicije i premeštanja kako su definisane u okviru trofaktorskog modela Mijakija i saradnika (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012).

## **2.2.2 Metod**

### **2.2.2.1 Ispitanici**

U ovoj fazi istraživanja učestvovalo je ukupno 219 ispitanika uzrasnog raspona od 18 do 31 godine ( $M = 20.53$ ,  $SD = 1.31$ ) od čega 175 ispitanika ženskog (79.9%) i 44 ispitanika muškog pola (20.1%). Uzorak su činili studenti diplomskih studija psihologije Filozofskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, koji su podeljeni u dva poduzorka. Naime, u nezavisnoj proveru paralelnosti četiri forme testova kognitivnih sposobnosti učestvovao je poduzorak od 84 ispitanika uzrasnog raspona od 19 do 23 godine ( $M = 20.32$ ,  $SD = 0.62$ ) od čega 15 muškaraca i 69 žena. Ispitanici iz ovog poduzorka popunili

su svaku od četiri forme testova intelektualnih sposobnosti. Drugi poduzorak, koji je činilo 135 ispitanika uzrasnog raspona od 18 do 31 godine ( $M = 20.64$ ,  $SD = 1.57$ ) od čega 106 ispitanika ženskog i 29 muškog pola, a koji je popunio samo jednu od četiri forme testova, je pridodat prvom poduzorku u slučaju psihometrijske provere, validacije i utvrđivanja strukturalnih relacija između mera. Zadaci egzekutivnih funkcija i validacioni testovi zadati su celokupnom uzorku ispitanika.

### 2.2.2.2 Instrumenti i mere

Bateriju testova činilo je ukupno 12 testova sposobnosti i 6 testova egzekutivnih funkcija. Naime, ispitanicima su zadata po dva testa svakog od četiri široka faktora kognitivnih sposobnosti (detaljno opisani u odeljku o razvoju instrumenata) kao i četiri validaciona testa – po jedan za svaki od pomenutih faktora sposobnosti. Pored toga, ispitanicima su zadata po dva testa egzekutivnih funkcija ažuriranja, inhibicije i premeštanja. Pregled korišćenih instrumenata dat je u Tabeli 13.

Tabela 13

#### *Pregled instrumenata po predmetu merenja*

Kognitivne sposobnosti	Mere <i>Gf</i>	Matrice (A, B, C i D forma) Fluidne analogije (A, B, C i D forma) Ravenove progresivne matrice
	Mere <i>Gc</i>	Test-sinonima-antonima (A, B, C i D forma) Kristalizovane asocijacije (A, B, C i D forma) Test sinonima ( <i>GSN</i> )
	Mere <i>Gv</i>	Mozaik (A, B, C i D forma) Slagalica (A, B, C i D forma) Test spacijalnih sposobnosti ( <i>IT2</i> )
	Mere <i>Gs</i>	Simbol (A, B, C i D forma) Vizuelna potraga (A, B, C i D forma) Test identičnih figura ( <i>ITI</i> )
Egzekutivne funkcije	Ažuriranje	verbalni 3 unazad neverbalni 3 unazad
	Inhibicija	verbalni Strupov zadatak neverbalni Strupov zadatak
	Prmeštanje	Slovo-broj Lokal-global

#### 2.2.2.2.1 Mere fluidnih sposobnosti

*Test Matrica*, namenjen proceni fluidnih sposobnosti u neverbalnom modalitetu u sve četiri forme sastoji se od po 16 zadataka matrica i nizova figura gde je zadatak ispitanika da među šest ponuđenih odgovora pronade onu figuru koja na najbolji način upotpunjuje datu matricu ili niz. Finalni skor na testu računa se sumacijom tačno rešenih zadataka u vremenskom intervalu od pet minuta.

*Test Fluidnih analogija* namenjen proceni fluidnih kapaciteta u verbalnom modalitetu sastoji se od 31 zadatka po formi. U ovom testu zadatak ispitanika je da između pet ponuđenih parova pojmova pronađe onaj za koji je relacija između dva pojma istovetna ili najbližnja zadatoj relaciji. Vremensko ograničenje za rešavanje ovog testa iznosi pet minuta, a skor na testu izražava se brojem tačno rešenih analogija.

Kao validacioni testovni marker fluidnih sposobnosti korišćena je *Kratka forma Ravenovih progresivnih matrica* (Pallier et al., 2002). Ovaj test sastoji se od 18 matrica ispunjenih figuralnim elementima. Zadatak ispitanika je da uvidi pravilo smene figura u matrici i da među pet ponuđenih figura odabere onu koja kompletira matricu na najadekvatniji način (Slika 17a). Vreme koje je na raspolaganju ispitanicima za rešavanje testa iznosi šest minuta, a ukupan rezultat dobija se sumiranjem poena za tačno rešene zadatke.

#### 2.2.2.2.2 *Mere kristalizovanih sposobnosti*

Test *Sinonima-antonima* sastoji se od 54 zadataka po formi u kojima se ispitanicima izlažu parovi reči, a njihov zadatak je da što brže i tačnije za svaki par reči označe da li se radi o rečima istog ili suprotnog značenja. Rezultat na testu izražava se kao suma tačno rešenih zadataka za 90 sekundi.

Drugi test namenjen merenju kristalizovanih sposobnosti – test *Kristalizovanih asocijacija* sastoji se od 32 zadatka po formi i u ovom testu zadatak ispitanika je da među pet ponuđenih opcija odabere “uljeza”, tj. onu opciju koja ne pripada skupu koji čine preostale četiri ponuđene opcije, pri čemu je kriterijum grupisanja ponuđenih elemenata zasnovan na kristalizovanim znanjima ispitanika. Vremensko ograničenje za rad na ovom testu iznosi četiri minuta, a skor se dobija sumiranjem tačno detektovanih “uljeza”.

Kao validacioni testovni marker kristalizovanih sposobnosti korišćen je *Test sinonima (GSN)* (Slika 17b) iz baterije za procenu intelektualnih sposobnosti *KOG9* (Wolf et al., 1992). Test se sastoji od 39 stavki u kojima je zadatak ispitanika da među pet ponuđenih reči označi onu koja ima isto ili najbližnje značenje zadatoj reči. Vremensko ograničenje za rešavanje ovog testa iznosi dva minuta. Ukupan rezultat na testu izražava se kao suma tačno identifikovanih reči.

#### 2.2.2.2.3 *Mere vizuelnih sposobnosti*

Test *Mozaik* namenjen proceni sposobnosti procesiranja kompleksnih vizuelnih sadržaja sastoji se od 35 zadataka po formi u kojima se ispitanicima izlaže šest figura-mozaika, a njihov zadatak je da označe onaj mozaik koji može biti dobijen kombinovanjem svih zadatih elemenata. Za rešavanje ovog testa ispitanici na raspolaganju imaju sedam minuta. Skor na testu dobija se sumacijom tačno identifikovanih mozaika.

Drugi test namenjen proceni vizuo-spacijalnih sposobnosti – test *Slagalica* sastoji se od 36 zadataka po formi u kojima se ispitanicima prikazuju nedovršene slagalice, a njihov zadatak je da među šest ponuđenih elemenata odaberu onaj koji može kompletirati slagalicu na adekvatan način. Vremensko ograničenje koje se postavlja pred ispitanike u ovom testu iznosi sedam minuta, a skor se dobija sumiranjem tačnih odgovora.

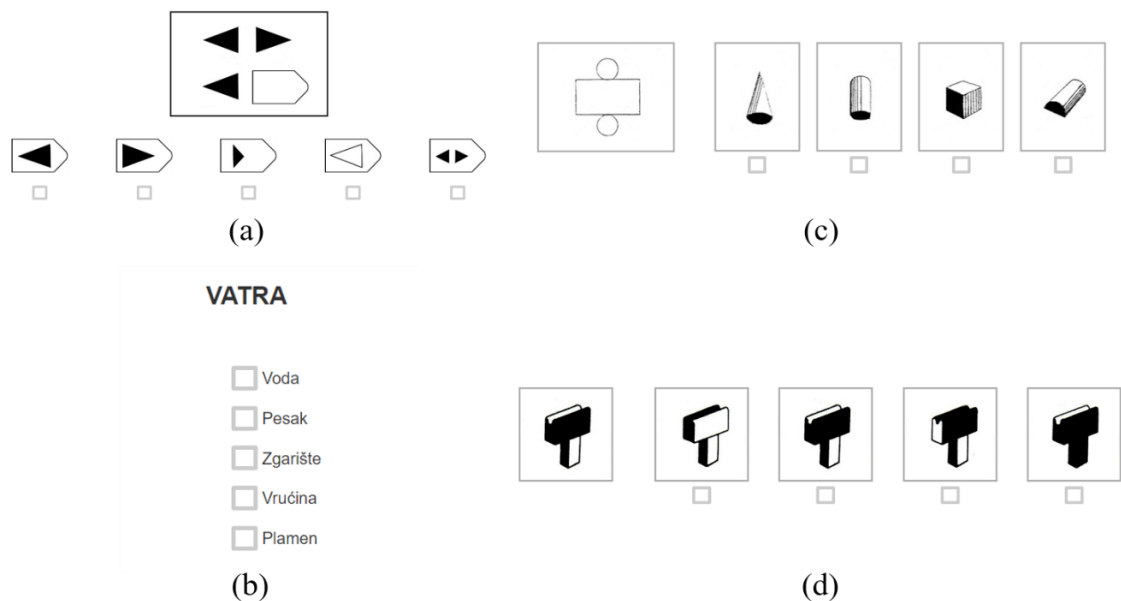
Kao validacioni testovni marker *Gv* korišćen je test *IT2* (Slika 17c) namenjen proceni spacijalne vizuelizacije (Wolf et al., 1992). Test se sastoji od 39 zadataka u kojima je zadatak ispitanika da zamisle koje bi geometrijsko telo dobili kada bi zadati “razvijeni” nacrt figure presavili na naznačenim mestima i shodno tome među četiri ponuđena geometrijska oblika odaberu odgovarajući. Vremensko ograničenje za rešavanje ovog testa iznosi 10 minuta. Rezultat na testu dobija se sumiranjem tačno rešenih zadataka.

#### 2.2.2.2.4 *Mere kognitivne brzine*

Test *Simbol* namenjen merenju kognitivne brzine u verbalnom modalitetu sastoji se od 10 ispitanicima nepoznatih simbola kojima je pridruženo 10 suglasnika latiničnog alfabeta. U ovom testu zadatak ispitanika je da idući redom, sleva nadesno, prateći “legendu”, za 60 sekundi što brže i tačnije ispod svakog simbola upiše odgovarajuće slovo. Test je konstruisan u četiri forme, a skor se dobija sumiranjem tačno upisanih slova.

Test *Vizuelna potraga* namenjen proceni kognitivne brzine u neverbalnom modalitetu u svakoj od četiri forme sastoji se od liste figura na kojoj se smenjuju dve zadate figure-mete i veći broj distraktora. Zadatak ispitanika je da linijskom pretragom što brže i tačnije uporedo detektuje i precrtava dve zadate figure-mete. Ukupan rezultat na testu dobija se kao suma tačno identifikovanih figura za 60 sekundi, umanjena za broj pogrešno precrtanih figura (distraktora).

Test identičnih figura *ITI* (Wolf et al., 1992) namenjen je proceni efikasnosti perceptivnog procesora postuliranog u okviru Kibernetičkog modela (Slika 17d). Test se sastoji od 39 zadataka u kojima se ispitanicima izlažu slike predmeta, a njihov zadatak je da među četiri ponuđene slike pronađu onu koja je u pogledu svih vizuelnih karakteristika identična zadatoj slici. Ispitanici za rešavanje ovog testa imaju na raspolaganju četiri minuta, a skor na testu se dobija sumacijom tačnih odgovora.



Slika 17. Validacioni testovi kognitivnih sposobnosti

#### 2.2.2.2.5 Mere egzekutivne funkcije ažuriranja

Egzekutivna funkcija ažuriranja procenjena je uz pomoć dva 3-unazad zadatka – verbalnog i neverbalnog (vidi odeljak Operacionalizacije egzekutivne funkcije ažuriranja). Dakle, oba zadatka su se sastojala od bloka za vežbu i pet test-blokova u kojima se ispitanicima na ekranu prikazuju sekvence od 32 stimulusa i njihov zadatak je da pritiskom na taster odreaguju kada im je stimulus koji je trenutno prikazan na ekranu identičan onom koji im je bio prikazan u *trećoj* situaciji pre trenutne. U verbalnom zadatku stimuluse su činila slova, dok su u neverbalnom zadatku stimuluse činile pozicije osenčenog polja u matrici 3x3. Skor za oba zadatka računa se kao proporcija tačno identifikovanih slova-meta u prvom, odnosno tačno identifikovanih pozicija-meta, u drugom zadatku.



#### 2.2.2.2.6 *Mere egzekutivne funkcije inhibicije*

Egzekutivna funkcija inhibicije merena je verbalnim i neverbalnim Strupovim zadatkom (vidi odeljak Operacionalizacije egzekutivne funkcije inhibicije). U verbalnom Strupovom zadatku ispitanicima se izlažu stimulusi (nizovi simbola i nazivi boja) u kongruentnom, neutralnom i nekongruentnom obliku, a njihov zadatak je da pritiskom na odgovarajući taster signaliziraju boju kojom su reči odnosno nizovi simbola ispisani. Mera inhibicije računa se kao razlika u prosečnim vremenima reakcije između neutralnih i nekongruentnih stimulusa. U neverbalnom Strupovom zadatku ispitanicima se prezentuju reči koje označavaju pozicije, na kongruentnim i nekongruentnim pozicijama na ekranu, a njihov zadatak je da pritiskom na odgovarajući taster odgovore na poziciju koja im je verbalno prezentovana, inhibirajući neverbalnu oznaku pozicije. Mera inhibicije računa se kao razlika u prosečnom vremenu reakcije na kongruentne i nekongruentne suprotne stimuluse.

#### 2.2.2.2.7 *Mere egzekutivne funkcije premeštanja*

Egzekutivna funkcija premeštanja procenjena je verbalnim zadatkom Broj-slovo i neverbalnim zadatkom Lokal-global (vidi odeljak Operacionalizacije egzekutivne funkcije premeštanja). Oba zadatka imaju sličnu strukturu i sastoje se od po tri bloka pri čemu svakom bloku prethodi odgovarajuća vežba. U zadatku Broj-slovo ispitanicima se prikazuju parovi broj-slovo samo u gornjoj (prvi blok), samo u donjoj (drugi blok), odnosno naizmenično u gornjoj i u donjoj polovini ekrana (treći blok). U prvom bloku ispitanici odgovaraju da li je prikazani broj paran ili neparan, u drugom bloku da li je slovo vokal ili konsonant, dok se u trećem bloku traženi odgovori menjaju u zavisnosti od toga da li je par slovo-broj prikazan u donjoj ili gornjoj polovini ekrana. U zadatku Lokal-global ispitanicima se izlažu Navonove figure u crnoj (prvi blok), crvenoj (drugi blok), odnosno naizmenično u crnoj i crvenoj boji (treći blok), a njihov zadatak je da, u zavisnosti od boje prikazane figure odgovaraju na njene globalne (crna boja) odnosno lokalne (crvena boja) karakteristike. U oba zadatka skor se računa kao razlika u prosečnim vremenima reakcije između prva dva mono-bloka uzeta skupa i trećeg, mešovitog bloka.

#### 2.2.2.2.8 *Eksterne validacione mere*

U cilju provere prediktivne validnosti konstruisanih mera od ispitanika je pribavljena informacija o prosečnoj oceni na studijama (6.00 – 10.00), kao i ukupnom broju ispita koje su položili do trenutka testiranja.

### **2.2.2.3 Procedura**

Testiranje je sprovedeno grupno u računarskoj učionici Filozofskog fakulteta. Poduzorak ispitanika koji je učetvovao u proveru paralelnosti baterija testova podeljen je u četiri grupe u okviru kojih su ispitanici radili različite forme testova kontrabalansiranim redosledom. Vremenski razmak između pojedinačnih testiranja u proseku je iznosio oko nedelju dana. Prilikom svakog testiranja ispitanici su najpre kontrabalansiranim redosledom popunjavali testove brzine u papir-olovka formatu nakon čega su pristupali popunjavanju preostalih testova iz baterije koji su kompjuterski administrirani. Poredak testova koji su kompjuterski zadavani bio je kontrabalansiran po formama pri čemu je u svakom zadavanju vođeno računa o tome da poredak verbalnih i neverbalnih testova u nizu bude naizmeničan. Ispitanici su pre svakog testa bili u prilici da se kroz kratku vežbu upoznaju sa zadacima koje će rešavati. Zadaci u okviru svakog testa izlagani su fiksnim redosledom u skladu sa parametrima težine prikupljenim u prethodnoj fazi istraživanja (od lakših ka težim).

Zadaci egzekutivnih funkcija, takođe, su zadavani kontrabalansiranim redosledom pri čemu su verbalni i neverbalni zadaci naizmenično zadavani. Ispitanici su u svakom testu imali priliku da se kroz vežbu upoznaju sa zadacima nakon čega bi pristupali rešavanju zadatka.

Polovini ispitanika prvo su zadati testovi egzekutivnih funkcija, a drugoj polovini prvo testovi kognitivnih sposobnosti. Popunjavanje testova sposobnosti je u proseku trajalo oko 35 minuta, dok je za kompletiranje testova egzekutivnih funkcija ispitanicima bilo potrebno oko 45 minuta.

Podaci sa validacionih testova prikupljeni su u odvojenoj sesiji, pri čemu je za popunjavanje ovih testova ispitanicima bilo potrebno oko 25 minuta.

### **2.2.2.4 Obrada podataka**

Za sve instrumente, i njihove forme izračunate su deskriptivne statističke mere, uključujući parametre centralne tendencije, raspršenja, oblika distribucije (standardizovani skjunis za zakrivljenost i standardizovani kurtozis za izduženost) i težine (prosečna proporcija tačnosti). Varijable učinka na zadacima egzekutivnih funkcija koje se baziraju na vremenu reakcije (engl. *Reaction Time, RT*), transformisane su i

vinzorizovane<sup>14</sup>, kako bi se dobili pouzdaniji skorovi. Za proveru paralelnosti formi testova kognitivnih sposobnosti korišćene su mere slaganja i to koeficijenti korelacije (engl. *Pearson correlaton coefficient, r*) i intraklasni koeficijenti korelacije (*ICC*; metod Dvosmernog slučajnog efekta sa merama apsolutnog slaganja, engl. *Two-way random effect, absolute agreement type*), kao i mere razlikovanja dobijene analizom varijanse za ponovljena merenja (engl. *Repeated measures ANOVA*), sa Bonferroni korigovanim testovima za naknadna poređenja. Kako bi se proverilo grupisanje oko zajedničkog predmeta merenja, sprovedena je eksploratorna faktorska analiza (engl. *Exploratory Factor Analysis, EFA*) a prilikom ekstrakcije faktora korišćen je metod Maksimalne verodostojnosti (engl. *Maximum Likelihood Method, MLM*). Kod zadataka egzekutivnih funkcija proverena je validnost samih skorova – tj. postojanje diferencijalnog efekta između relevantnih blokova u zadacima inhibicije i premeštanja, za šta su korišćeni neparametrijski Fridmanov (engl. *Friedman test*), odnosno Vilkoksonov test (engl. *Wilcoxon test*), kao i parametrijski *F* test. Za proveru validnosti konstruisanih testova korišćena je korelaciona analiza i konfirmatorna faktorska analiza (engl. *Confirmatory Factor Analysis, CFA*). Testirani su modeli kognitivnih sposobnosti, postulirani CHC modelom – sa i bez *G* faktora, i trofaktorski model egzekutivnih funkcija Mijakija i saradnika. U *CFA* korišćen je metod Maksimalne verodostojnosti, a kao mere podesnosti modela korišćeni su sledeći parametri: hi-kvadrat test ( $\chi^2$ ), Taker-Luisov inteks fita (engl. *Tucker-Lewis Index, TLI*), Komparativni indeks fita (engl. *Comparative Fit Index, CFI*), kao i *RMSEA* (engl. *Root Mean Square Error of Aproximation*). Kao kriterijumi za dobru podesnost modela korišćeni su sledeći pokazatelji: hi-kvadrat test,  $RMSEA \leq 0.06$ ,  $CFI \geq 0.95$ ,  $TLI \geq 0.95$  (Hu & Bentler, 1999).

### **2.2.3 Rezultati i diskusija**

#### **2.2.3.1 Četiri forme testova kognitivnih sposobnosti – provera paralelnosti i međusobnih relacija**

Deskriptivne statističke mere za četiri forme svakog od osam testova kognitivnih sposobnosti prikazane su u Tabeli 14. Ispitanicima je, očekivano, bio najlakši test Sinonima-antonima koji je pokazao prosečnu težinu od .92 (po formama 93, .92, .91, .91,

---

<sup>14</sup> Postupak pripreme podataka koji se baziraju na vremenu reakcije prikazan je u odeljku Evaluacija zadataka egzekutivnih funkcija.

redom), zatim Fluidne analogije sa prosečnom tačnošću od .62 (po formama .62, .60, .63, .61, redom) i testovi Slagalica sa prosečnom težinom od .61 (po formama .61, .61, .60, .60). Sa druge strane, nešto težim su se pokazali testovi Matrica i Kristalizovanih asocijacija sa prosečnim težinama od .59 (po formama, .56, .59, .63, .58, redom), odnosno .55 (po formama .56, .53, .56, .55), kao i test Mozaik sa prosečnom težinom od .53 (po formama .54, .53, .54, .52). Dakle, većina testova snage je očuvala slične parametre težine u poređenju sa preliminarnim verzijama što govori u prilog adekvatno postavljenog vremenskog ograničenja za ove testove. Sa druge strane, postavljanje vremenskog ograničenja za test Sinonima-antonima se pokazalo nedovoljno restriktivnim. Naime, dobijeni parametri težine ukazali su na to da je seting zadavanja instrumenta u preliminarnoj fazi (zadavanje bez vremenskog ograničenja) precenio vreme potrebno za rešavanje zadataka ovog testa.

Većina testova pokazala je adekvatnu podešenost težine, odnosno vremenskog ograničenja ispitivanoj populaciji, te zadovoljavajuću diskriminativnost. Naime, distribucije skorova indikovale su približno normalnu raspodelu većine testovnih skorova. Kao što se iz Tabele 14 može videti, blago odstupanje od normalne raspodele dobijeno je u slučaju forme B testa Fluidnih analogija (negativna asimetrija), dok su veća odstupanja u istom smeru dobijena u slučaju sve četiri forme Sinonima-antonima. Sa druge strane, tri forme testa Mozaik pokazale su blagu platikurtičnost raspodele skorova, dok je za dve forme testa Simbol i sve četiri forme Sinonima-antonima dobijena izražena leptokurtičnost distribucija skorova.

U celini, svi testovi izuzev Sinonima-antonima su pokazali optimalan nivo težine. Naime, ne računajući testove Sinonima-antonima, rezultati su pokazali odsustvo efekta "plafona" na svim formama svih testova, izuzev jedne forme testa Slagalica. Sa druge strane, u proseku oko 14.9% ispitanika ostvarilo je maksimalan učinak na testovima Sinonima-antonima. U skladu sa ovim nalazom odlučeno je da se u finalnoj, eksperimentalnoj fazi istraživanja vreme zadavanja Sinonima-antonima ograniči na 60 sekundi budući da nijedan ispitanik nije uspeo da ostvari maksimalno postignuće u ovom vremenskom intervalu.

Tabela 14

Deskriptivne statističke mere za četiri forme u okviru svakog od testova sposobnosti ( $N = 84$ )

test	forma	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>zSk</i>	<i>zKu</i>	<i>K-S</i>	<i>Mt (s)</i>
<i>MTRX</i>	A	8.94	2.28	3	13	-1.10	-0.73	1.140	18.19
	B	9.42	2.22	2	14	-1.76	1.08	1.204	18.82
	C	10.02	2.27	4	15	-1.52	-0.65	1.201	19.07
	D	9.08	2.56	2	14	-1.20	0.03	1.081	19.83
<i>FAL</i>	A	19.31	4.33	7	29	-0.98	0.47	0.908	9.80
	B	18.44	4.99	3	28	-2.13*	1.46	0.878	10.08
	C	19.42	4.57	9	28	-1.10	0.00	0.867	10.15
	D	18.87	4.65	6	30	-1.05	-0.47	0.870	9.90
<i>SA</i>	A	50.25	4.46	31	54	-8.57**	11.22**	2.052**	1.55
	B	49.82	5.33	31	54	-7.09**	6.07**	2.220**	1.61
	C	48.88	5.63	29	54	-6.80**	5.88**	2.032**	1.65
	D	49.27	5.83	31	54	-6.82**	4.60**	2.376**	1.64
<i>KA</i>	A	17.90	5.41	5	29	-0.88	-0.42	0.637	7.40
	B	16.94	5.24	8	30	1.39	-0.86	0.940	7.08
	C	17.87	5.03	5	28	-0.48	-0.93	0.732	7.01
	D	17.67	5.66	5	29	-1.07	-1.14	0.962	7.43
<i>MZK</i>	A	18.76	7.03	3	33	0.05	-1.30	0.620	14.85
	B	18.55	7.92	4	33	0.68	-2.18*	1.016	14.74
	C	18.74	8.23	3	34	-0.14	-2.01*	0.835	13.63
	D	18.13	7.47	3	33	0.40	-2.01*	0.909	14.61
<i>PUZZ</i>	A	21.83	6.01	6	36	-0.57	-0.28	0.969	13.63
	B	21.80	6.64	4	35	-0.31	-0.77	0.650	13.96
	C	21.57	6.00	10	35	0.54	-1.15	0.728	13.55
	D	21.54	6.05	5	34	0.01	-0.57	0.700	13.74
<i>SMBL</i>	A	33.32	7.31	12	60	1.56	3.54**	0.853	†
	B	35.18	7.09	10	55	-1.65	3.21**	0.858	†
	C	36.56	7.11	18	54	0.55	0.33	0.791	†
	D	36.05	7.42	13	55	-1.41	1.47	0.827	†
<i>PTRG</i>	A	42.32	6.71	27	55	0.24	-0.91	0.934	†
	B	40.88	6.93	18	54	-1.93	1.02	0.656	†
	C	41.79	6.29	25	55	-0.58	-0.75	0.670	†
	D	40.12	6.58	28	54	0.90	-1.51	0.797	†

*Napomena.* *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *SA* – Sinonim-antonim; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica; *SMBL* – Simbol; *PTRG* – Vizuelna potraga; *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skjunis; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; *Mt (s)* – prosečno vreme po zadatku u sekundama; † – fiksno vremensko ograničenje za ceo test

U cilju provere paralelnosti konstruisanih instrumenata, za svaki od testova zasebno izračunate su mere slaganja i razlikovanja četiri forme. U pogledu testa Matrica dobijene su umerene korelacije između četiri forme testa ( $r_{avg} = .519$ ,  $p < .001$ ), dok je prosečni *ICC* ukazao na prihvatljiv stepen konzistentnosti (Tabela 15). Ipak, rezultati analize varijanse za ponovljena merenja pokazali su da postoji glavni efekat forme. *Post-hoc* testovi (Bonferroni) su pokazali da ove razlike potiču iz činjenice da je forma A testa Matrica bila nešto teža ispitanicima od formi B i C, kao i da su na formi C ovog testa ispitanici postizali nešto više skorove nego na D formi (rezultati *post-hoc* testova dati su u Prilogu B). Ipak, budući da se prosečne razlike u postignućima kreću u opsegu od oko

jednog poena i da se veličina efekta od .083 može smatrati relativno niskom može se zaključiti da su četiri forme testa Matrica pokazale prihvatljiv stepen paralelnosti na nezavisnom uzorku.

Tabela 15

*Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Matrica (N = 84)*

	<i>MTRX A</i>	<i>MTRX B</i>	<i>MTRX C</i>	<i>MTRX D</i>	<i>ICC<sub>avg</sub></i>	<i>F (df1, df2)</i>	<i>p</i>	$\eta_p^2$
<i>MTRX A</i>	.504	.506**	.400**	.575**				
<i>MTRX B</i>		.573	.451**	.609**	.801**	7.465 (3,249)	.001	.083
<i>MTRX C</i>			.532	.574**				
<i>MTRX D</i>				.706				

*Napomena.* *MTRX* – Matrice; *ICC<sub>avg</sub>* – prosečna mera intraklasnog koeficijenta korelacije; *F (df1, df2)* – *F* količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; Brojevi na glavnoj dijagonali – Kronbahova alfa ( $\alpha$ )

Između četiri forme testova Fluidnih analogija, sa druge strane, dobijeni su relativno visoki koeficijenti povezanosti ( $r_{avg} = .667, p < .001$ ). Intraklasni koeficijent ukazao je na zadovoljavajući stepen slaganja između četiri mere, a analiza varijanse rezultovala je odsustvom razlika između četiri forme ovog testa (Tabela 16). Pojedinačni *post-hoc* testovi, dodatno su ukazali na odsustvo diferencijalnog postignuća ispitanika za sve parove formi ovog testa (Prilog B). U skladu sa dobijenim nalazima može se zaključiti da su testovi Fluidnih analogija pokazali zadovoljavajući stepen paralelnosti.

Tabela 16

*Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Fluidne analogije (N = 84)*

	<i>FAL A</i>	<i>FAL B</i>	<i>FAL C</i>	<i>FAL D</i>	<i>ICC<sub>avg</sub></i>	<i>F (df1, df2)</i>	<i>p</i>	$\eta_p^2$
<i>FAL A</i>	.741	.676**	.829**	.684**				
<i>FAL B</i>		.793	.623**	.550**	.885**	2.295 (2.55,211.61)	.089	.027
<i>FAL C</i>			.750	.639**				
<i>FAL D</i>				.765				

*Napomena.* *FAL* – Fluidne analogije; *ICC<sub>avg</sub>* – prosečna mera intraklasnog koeficijenta korelacije; *F (df1, df2)* – *F* količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; Brojevi na glavnoj dijagonali – Kronbahova alfa ( $\alpha$ )

U slučaju testa Sinonim-antonim, uprkos visokim korelacijama između formi ( $r_{avg} = .849, p < .001$ ) i veoma visokoj konzistentnosti dobijen je značajan efekat forme testa (Tabela 17). Naime, dobijeno je da je C forma testa Sinonima-antonima u proseku bila nešto teža ispitanicima od formi A i B istog testa, dok između preostalih formi nisu dobijene značajne razlike (Prilog B). Ipak, dobijena veličina efekta može se smatrati relativno malom. Takođe, imajući u vidu da je test Sinonima-antonima test brzine sa relativno velikom varijansom i da najveća prosečna apsolutna razlika ne prelazi 1/3 standardne devijacije dobijeni stepen paralelnosti formi može se smatrati prihvatljivim.

Tabela 17

*Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Sinonim-antonim (N = 84)*

	SA A	SA B	SA C	SA D	ICC <sub>avg</sub>	F (df1, df2)	p	η <sup>2</sup>
SA A	.816	.813**	.833**	.811**				
SA B		.897	.896**	.864**	.952**	6.731 (3,249)	.001	.075
SA C			.896	.876**				
SA D				.903				

*Napomena.* SA – Sinonim-antonim; ICC<sub>avg</sub> – prosečna mera intraklasnog koeficijenta korelacije; F (df1, df2) – F količnik sa pripadajućim stepenima slobode; η<sup>2</sup> – veličina efekta; \* p < .05; \*\* p < .01; Brojevi na glavnoj dijagonali – Kronbahova alfa (α)

Između četiri forme testa Kristalizovanih asocijacija dobijen je veoma visok stepen konvergencije indikovano, kako korelacijama između postignuća na različitim formama ( $r_{avg} = .779$ ,  $p < .001$ ), tako i relativnom stabilnošću ranga (Tabela 18). Ipak, dobijen je marginalan efekat forme koji objašnjava neznatan procenat varijanse razlika u postignuću na ovim testovima. Međutim, nijedan od naknadnih testova između pojedinačnih parova formi nije dosegao statističku značajnost ukazujući na zadovoljavajući stepen paralelnosti četiri forme ovog testa (Prilog B).

Tabela 18

*Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Kristalizovane asocijacije (N = 84)*

	KA A	KA B	KA C	KA D	ICC <sub>avg</sub>	F (df1, df2)	p	η <sup>2</sup>
KA A	.798	.742**	.785**	.814**				
KA B		.785	.717**	.790**	.934**	2.675 (3,249)	.048	.031
KA C			.757	.827**				
KA D				.833				

*Napomena.* KA – Kristalizovane asocijacije; ICC<sub>avg</sub> – prosečna mera intraklasnog koeficijenta korelacije; F (df1, df2) – F količnik sa pripadajućim stepenima slobode; η<sup>2</sup> – veličina efekta; \* p < .05; \*\* p < .01; Brojevi na glavnoj dijagonali – Kronbahova alfa (α)

U okviru testova Mozaik i Slagalica dobijene su relativno visoke konvergencije formi indikovane korelacijama između formi ( $r_{avg} = .603$ ,  $p < .001$  za Mozaik;  $r_{avg} = .688$ ,  $p < .001$  za Slagalicu), intraklasnom korelacijom, kao i odsustvom značajnosti razlika između različitih formi ovog testa (Tabele 19 i 20, Prilog B), u skladu sa čim se stepen paralelnosti formi ovih testova može okarakterisati kao visok.

Tabela 19

*Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Mozaik (N = 84)*

	MZK A	MZK B	MZK C	MZK D	ICC <sub>avg</sub>	F (df1, df2)	p	η <sup>2</sup>
MZK A	.899	.546**	.683**	.464**				
MZK B		.916	.663**	.660**	.860**	0.307 (3,249)	.820	.004
MZK C			.925	.601**				
MZK D				.902				

*Napomena.* MZK – Mozaik; ICC<sub>avg</sub> – prosečna mera intraklasnog koeficijenta korelacije; F (df1, df2) – F količnik sa pripadajućim stepenima slobode; η<sup>2</sup> – veličina efekta; \* p < .05; \*\* p < .01; Brojevi na glavnoj dijagonali – Kronbahova alfa (α)

Tabela 20

*Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Slagalica (N = 84)*

	PUZZ A	PUZZ B	PUZZ C	PUZZ D	ICC <sub>avg</sub>	F (df1, df2)	p	η <sup>2</sup>
PUZZ A	.844	.702**	.744**	.664**				
PUZZ B		.878	.647**	.781**	.899**	0.164 (2.66,221.03)	.902	.002
PUZZ C			.841	.591**				
PUZZ D				.835				

*Napomena.* PUZZ – Slagalica; ICC<sub>avg</sub> – prosečna mera intraklasnog koeficijenta korelacije; F (df1, df2) – F količnik sa pripadajućim stepenima slobode; η<sup>2</sup> – veličina efekta; \* p < .05; \*\* p < .01; Brojevi na glavnoj dijagonali – Kronbahova alfa (α)

Test brzine Simbol, sa druge strane, pokazao je nešto niži stepen korelacije ( $r_{avg} = .658$ ,  $p < .001$ ) i slaganja između četiri forme, te je dobijena i značajna razlika u prosečnom postignuću ispitanika na različitim formama. Naime, pokazalo se da je A forma testa značajno teža od B, C i D forme, pri čemu između ostalih formi nisu dobijene značajne razlike u prosečnom postignuću (Prilog B). Kako između različitih formi testa nisu ustanovljene razlike u broju grešaka koje bi ukazale na to da neki od simbola iz forme A zbunjuju ispitanike (npr. zbog potencijalne veće perceptivne sličnosti) u smislu da ih “mešaju” sa nekim drugim zadatim simbolima, dobijene razlike bi se verovatno mogle atribuirati većim teškoćama u asociranju simbola iz forme A sa korespondentnim slovima, nego što je to slučaj sa drugim formama, a koje se očitava u dužem vremenu potrebnom za uspostavljanje ovih asocijacija, a koje, posledično, vodi nešto slabijem učinku na ovoj formi testa. Međutim, u odsustvu empirijskih smernica koje bi poslužile za eventualnu korekciju forme A u vidu njenog olakšavanja odlučeno je da se u finalnoj fazi studije sve četiri forme testa zadaju u istovetnom obliku, s obzirom na to da ipak postoji umerena do visoka međusobna konvergencija formi.

Tabela 21

*Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Simbol (N = 84)*

	SMBL A	SMBL B	SMBL C	SMBL D	ICC <sub>avg</sub>	F (df1, df2)	p	η <sup>2</sup>
SMBL A	/	.670**	.669**	.566**				
SMBL B		/	.699**	.684**	.874**	9.475 (3,249)	.001	.102
SMBL C			/	.660**				
SMBL D				/				

*Napomena.* SMBL – Simbol; ICC<sub>avg</sub> – prosečna mera intraklasnog koeficijenta korelacije; F (df1, df2) – F količnik sa pripadajućim stepenima slobode; η<sup>2</sup> – veličina efekta; \* p < .05; \*\* p < .01

U poređenju sa ostalim testovima, za test Vizuelna potraga dobijen je najniži stepen slaganja između četiri konstruisane forme testa ( $r_{avg} = .466$ ,  $p < .001$ ). Iako se dobijeni koeficijenti slaganja u apsolutnim terminima mogu smatrati prihvatljivim, analiza varijanse je pokazala da su ispitanici na različitim formama testa ostvarivali diferencijalna postignuća (Tabela 22 i Prilog B). Jedina značajna *post-hoc* razlika dobijena je za D formu testa koja se pokazala težom od forme A. Budući da su forme



ovog testa konstruisane tako da jedina razlika između formi bude u poretku položaja figura-meta na listi, pri čemu konstelacija figura-meta i distraktora na makro-nivou ostaje nepromenjena (vidi odeljak o konstrukciji paralelnih formi testa Vizuelna potraga), dobijene razlike između formi teško da se mogu pripisati razlikama u težini samih testova. Verovatnije je da se diferencijalna postignuća mogu pripisati manjoj stabilnosti učinka na ovom testu. Naime, budući da ovaj, kao uostalom i test Simbol, karakteriše veoma restriktivno vremensko ograničenje čini se verovatnim da se bar deo diferencijalnog postignuća na različitim formama može pripisati fluktuacijama u pažnji ispitanika (tj. slučajnim situacionim faktorima<sup>15</sup>). Dodatno, zadavanje testova ovog tipa u grupnom setingu uvek ostavlja mogućnost da je nedovoljni stepen kontrole uslova rada svih ispitanika mogao dovesti do nekih od razlika u postignuću. U celini, dobijena veličina efekta se može smatrati relativno malom te, čini se, ne nameće potrebu za izmenom celokupne postavke ovog testa i koncepcije njegovih formi. Ipak, prilikom pripreme testova za eksperimentalnu fazu istraživanja posebna pažnja posvećena je maksimalnom ujednačavanju suptilnih razlika u kvalitetu štampe testova koja je potencijalno mogla dovesti do diferencijalnih postignuća na nekim od formi testa.

Tabela 22

*Pokazatelji slaganja i razlikovanja između četiri forme testa Vizuelna potraga (N = 84)*

	<i>PTRG A</i>	<i>PTRG B</i>	<i>PTRG C</i>	<i>PTRG D</i>	<i>ICC<sub>avg</sub></i>	<i>F (df1, df2)</i>	<i>p</i>	$\eta_p^2$
<i>PTRG A</i>	/	.505**	.554**	.386**				
<i>PTRG B</i>		/	.385**	.525**				
<i>PTRG C</i>			/	.439**	.772**	3.392 (3,249)	.019	.039
<i>PTRG D</i>				/				

*Napomena.* *PTRG* – Vizuelna potraga; *ICC<sub>avg</sub>* – prosečna mera intraklasnog koeficijenta korelacije; *F (df1, df2)* – *F* količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

U cilju evaluacije kvaliteta svake od četiri forme testova kao indikatora zajedničke pretpostavljene kognitivne strukture, u okviru svakog testa sprovedena je *EFA*, čiji rezultati su prikazani u Tabelama 23 i 24.

Kao što se može videti, prema Gutman-Kajzerovom kriterijumu, kao i inspekcijom *scree* plotova, u okviru svakog testa izdvaja se po jedan faktor koji objašnjava supstantivan procenat varijanse. Naime, za svaki od testova procenat varijanse formi koji objašnjava ekstrahovana dimenzija kreće se od oko 47% do 78% pri čemu preostali faktori objašnjavaju zanemarljiv procenat varijanse učinka.

<sup>15</sup> Empirijski nalazi koji govore u prilog zavisnosti učinka na ovom testu od situacionih faktora biće diskutovani kasnije u tekstu.

Tabela 23

Rezultati EFA (metod Maksimalne verodostojnosti) u okviru svakog od testova sposobnosti ( $N = 84$ )

	faktor	inicijalne $\lambda$			ekstrahovana suma kvadriranih zasićenja	
		$\lambda$	% varijanse	kumulativni %	SSL	% varijanse
<i>MTRX</i>	1	2.565	64.12	64.12	2.12	53.01
	2	0.609	15.23	79.35		
	3	0.486	12.15	91.50		
	4	0.340	8.50	100.00		
<i>FAL</i>	1	3.008	75.21	75.21	2.71	67.70
	2	0.451	11.26	86.48		
	3	0.376	9.41	95.89		
	4	0.165	4.11	100.00		
<i>SA</i>	1	3.547	88.69	88.69	3.40	84.99
	2	0.211	5.281	93.97		
	3	0.139	3.49	97.45		
	4	0.102	2.55	100.00		
<i>KA</i>	1	3.338	83.46	83.46	3.12	78.09
	2	0.292	7.30	90.76		
	3	0.215	5.37	96.12		
	4	0.155	3.88	100.00		
<i>MZK</i>	1	2.813	70.31	70.31	2.43	60.84
	2	0.578	14.44	84.75		
	3	0.329	8.22	92.97		
	4	0.281	7.03	100.00		
<i>PUZZ</i>	1	3.066	76.64	76.64	2.76	68.93
	2	0.474	11.86	88.49		
	3	0.246	6.16	94.65		
	4	0.214	5.35	100.00		
<i>SMBL</i>	1	2.976	74.39	74.39	2.64	66.03
	2	0.435	10.88	85.27		
	3	0.305	7.63	92.90		
	4	0.284	7.10	100.00		
<i>PTRG</i>	1	2.398	59.95	59.95	1.867	46.68
	2	0.685	17.12	77.07		
	3	0.548	13.69	90.76		
	4	0.370	9.24	100.00		

*Napomena.* *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *SA* – Sinonim-antonim; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalice; *SMBL* – Simbol; *PTRG* – Vizuelna potraga;  $\lambda$  – svojstvena vrednost; SSL – suma kvadriranih zasićenja

Pokazalo se da različite forme unutar svakog od testova predstavljaju približno podjednako dobre markere kognitivnih struktura koje leže u osnovi učinka na datim testovima. Naime, sve forme unutar testova pokazale su supstantivna zasićenja te relativno visoku proporciju varijanse postignuća objašnjenu ekstrahovanim faktorima. Iako je dobijeno da neke od formi nešto niže koreliraju sa glavnim predmetom merenja ekstrahovanim iz date klase testova ovde treba imati na umu da su dobijene korelacije te komunaliteti praktično maksimalni mogući imajući u vidu restrikcije koje postavljaju pouzdanosti pojedinačnih mera. Naime, pokazalo se da pojedinačne forme u veoma maloj meri sadrže supstantivnu varijansu specifičnu za datu formu te da se veliki deo unikviteta pojedinačnih formi može pripisati grešci merenja, dok dobijeni komunalitet u visokoj

meri pre pokriva pouzdanu varijansu pojedinačnih formi. Naravno ovde treba imati na umu da se bar deo zajedničke varijanse može pripisati deljenoj metodskoj varijansi.

Tabela 24

*Faktorska zasićenja i procenti varijanse formi testova objašnjeni ekstrahovanim faktorima*

test	forma	<i>r</i>	<i>h</i>	test	forma	<i>r</i>	<i>h</i>
<i>MTRX</i>	<i>A</i>	.666	.444	<i>MZK</i>	<i>A</i>	.731	.535
	<i>B</i>	.711	.506		<i>B</i>	.795	.631
	<i>C</i>	.646	.418		<i>C</i>	.861	.742
	<i>D</i>	.868	.753		<i>D</i>	.725	.525
<i>FAL</i>	<i>A</i>	.941	.886	<i>PUZZ</i>	<i>A</i>	.833	.695
	<i>B</i>	.719	.517		<i>B</i>	.876	.768
	<i>C</i>	.878	.771		<i>C</i>	.774	.600
	<i>D</i>	.730	.533		<i>D</i>	.834	.695
<i>SA</i>	<i>A</i>	.873	.762	<i>SMBL</i>	<i>A</i>	.775	.601
	<i>B</i>	.937	.879		<i>B</i>	.855	.731
	<i>C</i>	.954	.910		<i>C</i>	.837	.701
	<i>D</i>	.922	.849		<i>D</i>	.780	.608
<i>KA</i>	<i>A</i>	.879	.772	<i>PTRG</i>	<i>A</i>	.727	.528
	<i>B</i>	.837	.700		<i>B</i>	.689	.474
	<i>C</i>	.882	.777		<i>C</i>	.675	.456
	<i>D</i>	.935	.874		<i>D</i>	.639	.409

*Napomena.* *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *SA* – Sinonim-antonim; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica; *SMBL* – Simbol; *PTRG* – Vizuelna potraga; *r* – zasićenje prvom glavnom komponentom; *h* – komunalitet

Budući da su celom poduzorku ispitanika bile zadate sve četiri forme svakog od testova bilo je moguće izračunati koeficijente korelacija kako unutar testova iste forme tako i korelacije između testova koji pripadaju različitim formama (Tabela 25). U ćelijama su date agregirane korelacije između testova navedenih u redovima i četiri forme testova naznačenih u zaglavlju kolone. Korelacije date u tabeli su, dakle, uprosečene po testovima notiranim u zaglavlju. Izvorne korelacije pojedinačnih testova za sve parove formi date su u Prilogu C.

Tabela 25

Prosečne korelacije između osam mera kognitivnih sposobnosti ( $N = 84$ )

test	forma	MTRX	FAL	SA	KA	MZK	PUZZ	SMBL	PTRG
MTRX	A		.341	.163	.351	.382	.396	.252	.139
	B		.233	.241	.174	.505	.548	.213	.038
	C		.333	.307	.292	.500	.439	.341	.144
	D		.399	.375	.261	.510	.476	.384	.182
FAL	A	.338		.250	.519	.289	.333	.200	.091
	B	.265		.299	.361	.226	.222	.134	-.013
	C	.285		.363	.478	.249	.265	.236	.100
	D	.419		.271	.527	.412	.287	.202	-.014
SA	A	.277	.315		.213	.248	.198	.276	.155
	B	.274	.253		.254	.247	.237	.253	.148
	C	.300	.321		.328	.287	.238	.330	.138
	D	.236	.294		.196	.226	.196	.257	.120
KA	A	.233	.497	.210		.242	.272	.114	-.039
	B	.280	.391	.216		.259	.273	.143	-.096
	C	.316	.516	.286		.276	.306	.158	.040
	D	.249	.481	.279		.286	.254	.131	.020
MZK	A	.462	.267	.258	.246		.501	.335	.107
	B	.507	.328	.261	.284		.574	.329	.020
	C	.478	.314	.229	.317		.499	.310	-.005
	D	.450	.266	.259	.217		.493	.316	.021
PUZZ	A	.496	.289	.157	.307	.484		.411	.180
	B	.452	.306	.305	.296	.510		.391	.116
	C	.479	.213	.164	.302	.527		.425	.124
	D	.432	.298	.243	.200	.546		.369	.116
SMBL	A	.280	.209	.219	.163	.287	.381		.225
	B	.348	.231	.317	.158	.368	.447		.233
	C	.285	.135	.253	.142	.370	.408		.316
	D	.278	.197	.326	.084	.265	.358		.296
PTRG	A	.028	-.040	.020	-.055	-.090	.071	.270	
	B	.229	.184	.344	.066	.159	.227	.285	
	C	.060	-.025	-.014	-.051	-.013	.069	.225	
	D	.186	.044	.210	-.034	.088	.170	.291	

*Napomena.* MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; Vrednosti koeficijenata korelacije ispod .215 nisu statistički različite od nule

Budući da će relacije između različitih testova unutar formi biti detaljnije diskutovane kasnije prilikom prezentovanja rezultata celokupnog uzorka ovde ću se osvrnuti samo na difrencijalne vrednosti korelacija dobijenih između testova unutar istih formi i onih dobijenih kroz različite forme. Naime, za većinu testova nije dobijen konzistentni efekat forme, u smislu da testovi koji pripadaju istoj formi koreliraju u većoj meri no što koreliraju kroz različite forme (vidi Prilog C), te većina testova očigledno ne deli značajno veću proporciju varijanse koja bi se mogla pripisati efektu samog konteksta testiranja i/ili većoj sličnosti testova unutar iste forme. Ipak, trend nešto viših povezanosti između različitih testova koji se nalaze unutar istih formi u poređenju sa korelacijama istih testova dobijenim za različite forme prisutan je u slučaju relacija testova Matrice, Mozaik i Slagalica, međusobnim relacijama testova vizuelnog procesiranja, zatim relacijama ovih testova sa testovima brzine, kao i međusobnim relacijama testova brzine.

Naime, iako su razlike u korelacijama relativno male, može se primetiti da testovi Matrica teže da nešto više koreliraju sa testovima Mozaik i Slagalica kada su zadati u okviru iste forme no što je to slučaj kada su zadati u okviru različitih formi. Isti trend je prisutan u relacijama između samih testova Mozaik i Slagalica, kao i njihovim relacijama sa testovima brzine. Najupečatljiviji primer ove tendencije javlja se u slučaju testa Vizuelna potraga. Naime, izuzev testa Simbol sa kojim Vizuelna potraga manje ili više konzistentno korelira kroz različite forme, u pogledu drugih testova, ukoliko ovaj test uopšte pokazuje tendenciju da sa njima korelira, te korelacije gotovo ekskluzivno ostvaruje kada je zadat u okviru iste baterije. Drugim rečima, čini se da se sporadične korelacije Vizuelne potrage sa svim testovima (izuzev Simbola) gotovo isključivo mogu pripisati efektima vremenske kontigencije testova, odnosno, nestabilnim, nesistematskim i za kontekst konkretnog testiranja specifičnim okolnostima.

#### ***2.2.3.2 Evaluacija internih psihometrijskih karakteristika testova kognitivnih sposobnosti***

Kako bi se obezbedile pouzdanije mere psihometrijskog kvaliteta instrumenata, uzorku koji je rešavao sve četiri forme testova pridodati su poduzorci ispitanika koji su rešavali samo po jednu formu testova sposobnosti. Deskriptivne statističke mere za celokupan uzorak u okviru svake od formi prikazane su u Tabeli 26. Mere centralne tendencije i varijabiliteta, kao i pokazatelji oblika distribucije svakog od testova unutar formi ostali su manje-više nepromenjeni u poređenju sa merama dobijenim na prethodnom poduzorku.

Tabela 26

*Deskriptivne statističke mere za četiri forme u okviru svakog od testova sposobnosti*

test	forma	br. ajtema	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>zSk</i>	<i>zKu</i>	<i>K-S</i>	<i>Mt (s)</i>
<i>MTRX</i>	A	16	9.26	2.39	3	15	-0.88	-0.55	1.185	17.91
	B	16	9.59	2.31	2	15	-1.45	0.28	1.447*	18.33
	C	16	9.87	2.29	3	15	-1.97*	-0.09	1.296	18.18
	D	16	9.10	2.53	2	14	-1.44	-0.39	1.156	19.26
<i>FAL</i>	A	31	19.60	4.50	7	30	-1.46	0.30	1.078	9.49
	B	31	18.50	5.17	3	28	-2.68**	1.08	1.104	9.87
	C	31	19.22	4.57	9	28	-1.00	-1.34	0.971	9.87
	D	31	19.13	4.61	6	30	-1.38	-0.60	1.119	9.49
<i>SA</i>	A	54	50.48	4.15	31	54	-10.32**	14.37**	2.242**	1.52
	B	54	50.24	4.78	31	54	-9.29**	10.10**	2.398**	1.58
	C	54	48.98	5.53	29	54	-7.98**	7.07**	2.365**	1.64
	D	54	49.63	5.24	31	54	-8.80**	7.64**	3.003**	1.60
<i>KA</i>	A	32	18.07	5.10	5	29	-0.92	-0.39	0.650	7.10
	B	32	16.92	5.13	8	30	1.44	-0.99	0.990	6.67
	C	32	18.08	5.02	5	29	-0.50	-0.97	0.849	6.87
	D	32	18.27	5.53	5	29	-1.70	-1.08	1.169	7.11
<i>MZK</i>	A	35	18.57	7.31	3	33	0.36	-1.76	0.732	14.52
	B	35	18.12	7.70	4	33	0.74	-2.31*	0.953	14.68
	C	35	18.36	8.02	3	34	0.22	-2.16*	0.856	13.51
	D	35	17.15	7.69	3	34	1.28	-2.18*	1.186	14.57
<i>PUZZ</i>	A	36	21.44	6.05	6	36	-0.40	-0.74	0.965	13.06
	B	36	21.64	6.24	4	35	-0.60	-0.48	0.722	13.55
	C	36	21.24	6.35	7	35	-0.35	-1.13	0.732	13.22
	D	36	21.57	6.30	5	35	-0.11	-1.10	0.717	13.24
<i>SMBL</i>	A	/	34.30	7.55	12	60	2.61**	3.47**	1.216	†
	B	/	35.31	6.85	10	59	0.14	5.03**	0.831	†
	C	/	36.67	7.79	18	70	2.85**	5.11**	1.047	†
	D	/	36.28	8.22	13	68	2.04*	3.44**	0.994	†
<i>PTRG</i>	A	/	42.16	6.46	27	55	0.70	-0.97	0.819	†
	B	/	39.91	6.82	18	54	-0.99	0.16	0.759	†
	C	/	40.43	6.93	22	55	-1.44	-0.16	0.779	†
	D	/	39.39	6.50	28	54	1.44	-1.89	1.114	†
<i>RM</i>		18	14.31	2.38	5	18	-4.18**	1.29	2.015**	14.80
<i>GSN</i>		39	31.06	4.18	16	38	-5.25**	1.30	2.161**	3.44
<i>IT2</i>		39	24.90	6.20	5	38	-2.69**	0.33	1.203	13.07
<i>ITI</i>		39	34.37	3.54	19	39	-9.74**	11.04**	2.092**	5.28

*Napomena.* *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *SA* – Sinonim-antonim; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica; *SMBL* – Simbol; *PTRG* – Vizuelna potraga; *RM* – Kratka forma Ravenovih matrica; *GSN* – Test sinonima; *IT2* – Test specijalnih sposobnosti; *ITI* – Test identičnih figura; *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skjuni; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; *Mt (s)* – prosečno vreme po zadatku; † – fiksno vremensko ograničenje za ceo test; A forma –  $N = 117$ ; B forma –  $N = 119$ ; C forma –  $N = 116$ ; D forma –  $N = 119$ ; Validacioni testovi –  $N = 219$

Sva četiri validaciona testa (*RM*, *GSN*, *IT2*, *ITI*) pokazala su značajna odstupanja od normalne distribucije, odnosno asimetrične raspodele skorova. Tako su raspodele pomerene ka višim skorovima, te se može zaključiti da su validacioni testovi bili relativno laki za većinu ispitanika. Dodatno, test *ITI* je pokazao izraženo grupisanje skorova oko visokih vrednosti. U skladu sa ovim, može se zaključiti da su konstruisani testovi znatno bolje podešeni sposobnostima ispitivane populacije od korišćenih validacionih testova.

U Tabeli 27 date su interne psihometrijske karakteristike za svaki od konstruisanih testova sposobnosti, kao i validacione testove. Svi testovi su pokazali zadovoljavajuće vrednosti homogenosti, dok testovi Mozaik i Slagalica zadovoljavaju najstrože psihometrijske kriterijume u pogledu reprezentativnosti i pouzdanosti psiholoških mernih instrumenata.

Tabela 27

*Psihometrijske karakteristike finalnih verzija testova snage i validacionih testova*

test	forma	<i>KMO</i>	$\alpha$	<i>H1</i>	<i>H5</i>
<i>MTRX</i>	<i>A</i>	.473	.549	.071	.430
	<i>B</i>	.586	.594	.082	.516
	<i>C</i>	.553	.514	.055	.452
	<i>D</i>	.733	.687	.117	.509
<i>FAL</i>	<i>A</i>	.720	.751	.091	.402
	<i>B</i>	.812	.802	.119	.425
	<i>C</i>	.671	.743	.084	.401
	<i>D</i>	.738	.760	.088	.405
<i>KA</i>	<i>A</i>	.706	.767	.093	.383
	<i>B</i>	.680	.773	.093	.360
	<i>C</i>	.671	.760	.090	.398
	<i>D</i>	.809	.822	.126	.418
<i>MZK</i>	<i>A</i>	.950	.905	.204	.467
	<i>B</i>	.956	.911	.214	.488
	<i>C</i>	.964	.919	.235	.500
	<i>D</i>	.948	.906	.205	.552
<i>PUZZ</i>	<i>A</i>	.858	.836	.122	.385
	<i>B</i>	.899	.854	.139	.396
	<i>C</i>	.868	.853	.138	.382
	<i>D</i>	.866	.847	.134	.412
<i>RM</i>		.720	.653	.100	.547
<i>GSN</i>		.871	.790	.067	.438
<i>IT2</i>		.844	.831	.117	.470
<i>IT1</i>		.757	.724	.064	.422

*Napomena.* *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica; *RM* – Kratka forma Ravenovih matrica; *GSN* – Test sinonima; *IT2* – Test specijalnih sposobnosti; *IT1* – Test identičnih figura; *KMO* – Kaiser-Meyer-Olkin mera reprezentativnosti uzorka stavki;  $\alpha$  – Kronbahova alfa; *H1* – prosečna korelacija između stavki; *H5* – učešće prve glavne komponente u varijansi pouzdanih komponenti

Pri interpretaciji internih psihometrijskih karakteristika treba imati u vidu svrhu za koju su dati testovi konstruisani, te formalna ograničenja koja odatle proističu. Naime, za parameter reprezentativnosti važi da uzima maksimalne vrednosti kako se uzorak stavki približava beskonačnosti kao i da se pouzdanost merenja povećava sa povećanjem broja stavki (zadataka) u testu. Tako su, Matrice sa 16 zadataka po formi, očekivano pokazale niže vrednosti reprezentativnosti i pouzdanosti nego drugi testovi. Ovde treba imati na umu da testovi figuralnog rezonovanja poseduju visok stepen kompleksnosti te od ispitanika zahtevaju visok nivo apstrakcije i kognitivnog angažmana. Ovo se najbolje može videti iz vremena koje je ispitanicima, u proseku, bilo potrebno da reše

pojedinačne zadatke iz ovog testa. S obzirom na to da su testovi ovog tipa veoma kognitivno i vremenski zahtevni povećanje broja zadataka u cilju dostizanja psihometrijski zadovoljavajućih standarda dovelo bi do nezanemarljivog povećanja vremena potrebnog za rešavanje celokupnog testa, što u kontekstu svrhe za koju su testovi konstruisani, svakako nije adekvatno. Još jedan razlog za relativno niske vrednosti reprezentativnosti i pouzdanosti nekih od testova se može pronaći i u svojstvima populacije na kojoj su instrumenti konstruisani i psihometrijski evaluirani, kao i težini samih testova. Naime, studentska populacija predstavlja veoma selekcionisanu grupu, koji je relativno homogena u pogledu ispitivanih sposobnosti. U skladu sa tim očekivano je da će na svakom testu koji je namenjen proceni sposobnosti takve grupe doći do manje ili veće restrikcije varijabiliteta. Stoga, može se reći da su testovi podešeni da mere nešto više nivoa sposobnosti. Ipak, na većini testova veoma mali broj ispitanika je uspevao da reši najteže zadatke što, posledično, dodatno umanjuje parametre pouzdanosti i interne valjanosti pojedinačnih zadataka, a time i testa u celini. U prilog tome govore i psihometrijske karakteristike pojedinačnih zadataka u okviru svake od formi testova snage. Naime, rasponi reprezentativnosti, pouzdanosti, i interne valjanosti za pojedinačne zadatke (Tabela 28), pokazuju da u okviru svakog od testova postoji nekoliko zadataka sa lošijim psihometrijskim karakteristikama. To su upravo zadaci sa malom varijansom, odnosno oni koje je većina ispitanika uspešno rešavala (laki zadaci) i oni koje je veoma mali broj ispitanika uspeo tačno da reši (teški zadaci)<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Psihometrijske karakteristike pojedinačnih zadataka prikazane su u Prilogu D.



Tabela 28

*Rasponi internih psihometrijskih karakteristika zadataka u finalnim verzijama testova snage i validacionim testovima*

test	forma	reprezentativnost	pouzdanost	interna valjanost	
				H	B
MTRX	A	-.0752 - .7072	.1042 - .3347	.0820 - .5704	.1513 - .5260
	B	.1612 - .7570	.0725 - .3340	.0274 - .5983	.1656 - .5326
	C	-.0801 - .7761	.0953 - .4066	.0607 - .6820	-.1066 - .5147
	D	-.0953 - .8568	.1231 - .3453	.0394 - .6512	.1285 - .5863
FAL	A	.3634 - .8798	.2091 - .4769	.0478 - .6094	.1554 - .5455
	B	.5006 - .9103	.2307 - .5219	.1052 - .5853	.1954 - .5543
	C	.1893 - .8786	.2634 - .5285	.0251 - .6572	.1258 - .5908
	D	.4283 - .8650	.1394 - .4390	.0136 - .5579	.0884 - .5108
KA	A	.1419 - .9043	.2266 - .6356	.0926 - .5971	.0213 - .5190
	B	.1599 - .8320	.2101 - .5093	.0448 - .5679	.0771 - .5249
	C	-.0278 - .8082	.2210 - .3988	.0025 - .4783	.1034 - .4572
	D	.2617 - .9333	.2389 - .5065	.0275 - .6239	.0905 - .5908
MZK	A	.7796 - .9838	.3220 - .7660	.1387 - .7259	-.0466 - .7149
	B	.2989 - .9836	.2936 - .7446	.0088 - .7128	-.0064 - .6852
	C	.8281 - .9857	.3342 - .7046	.0520 - .7254	.1423 - .7074
	D	.6286 - .9770	.3456 - .6822	.1519 - .6612	-.0705 - .6770
PUZZ	A	.5250 - .9325	.2645 - .5534	.1209 - .6171	.2322 - .5723
	B	.8303 - .9398	.2893 - .6611	.0540 - .5626	.1739 - .5535
	C	.5084 - .9509	.2757 - .7491	.2037 - .6096	.2331 - .5764
	D	.6329 - .9456	.3510 - .6297	.1247 - .6318	.1993 - .5862
RM		.2121 - .8648	.0915 - .5108	.1559 - .5536	.2431 - .5113
GSN		-.4574 - .9728	.0886 - .7028	.0121 - .7863	-.0042 - .6715
IT2		.2493 - .9382	.1371 - .5029	.0305 - .6109	.1356 - .5682
ITI		.0784 - .9370	.1627 - .6656	.0226 - .6750	.0982 - .5260

*Napomena.* MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; RM – Kratka forma Ravenovih matrica; GSN – Test sinonima; IT2 – Test specijalnih sposobnosti; IT1 – Test identičnih figura

Imajući u vidu sve rečeno, kao i svrhu za koju su testovi konstruisani dobijene psihometrijske karakteristike testova mogu se smatrati zadovoljavajućim. Naime, uprkos manjem broju zadataka po testu, psihometrijske karakteristike konstruisanih testova se kreću u rangu onih dobijenih za široko korišćene i potvrđene testovne markere kognitivnih sposobnosti.

### 2.2.3.3 Provera validnosti testova intelektualnih sposobnosti

#### 2.2.3.3.1 Relacije testova unutar različitih formi

Prvi korak u proveru validnosti testova, bila je kros-validacija njihovih međusobnih odnosa kroz različite forme. Drugim rečima, provereno je 1) da li testovi ostvaruju očekivane međusobne korelacije, i 2) da li se te korelacije dosledno replikuju kroz različite forme testova. Tabela 29 prikazuje relacije između testova kognitivnih sposobnosti unutar svake od četiri forme.

Kao što se može videti, u svakoj od matrica interkorelacija, gotovo svi testovi sposobnosti pokazuju umerene do visoke pozitivne međusobne korelacije uzazujući na tzv. pozitivni manifold (Carroll, 1993; Spearman, 1904).

Tabela 29

*Korelacije između testova sposobnosti unutar formi*

forma	test	MTRX	FAL	SA	KA	MZK	PUZZ	SMBL	PTRG
A	MTRX		.456**	.191*	.349**	.454**	.492**	.320**	.133
	FAL			.334**	.521**	.421**	.437**	.350**	.122
	SA				.150	.292**	.152	.255**	.049
	KA					.284**	.329**	.236**	-.034
	MZK						.629**	.457**	.271**
	PUZZ							.398**	.298**
	SMBL								.393**
	PTRG								
B	MTRX		.294**	.252**	.190*	.508**	.541**	.201*	.109
	FAL			.312**	.296**	.346**	.339**	.247**	.266**
	SA				.192*	.252**	.331**	.302**	.298**
	KA					.224*	.222*	.167	-.047
	MZK						.649**	.473**	.322**
	PUZZ							.490**	.342**
	SMBL								.324**
	PTRG								
C	MTRX		.265**	.303**	.314**	.554**	.467**	.316**	.215*
	FAL			.361**	.480**	.359**	.310**	.218*	.090
	SA				.445**	.267**	.275**	.322**	.087
	KA					.309**	.318**	.223*	.003
	MZK						.680**	.395**	.220*
	PUZZ							.466**	.332**
	SMBL								.283**
	PTRG								
D	MTRX		.515**	.330**	.317**	.544**	.514**	.271**	.101
	FAL			.293**	.565**	.443**	.421**	.336**	.058
	SA				.251**	.216*	.268**	.299**	.170
	KA					.270**	.282**	.197*	.025
	MZK						.716**	.400**	.221*
	PUZZ							.387**	.169
	SMBL								.387**
	PTRG								

*Napomena.* MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

Test Matrica u sve četiri forme, očekivano, ostvaruje najviše korelacije sa drugim figuralnim testovima snage kao i testom Fluidnih analogija. Test Fluidnih analogija, sa druge strane, kroz sve forme, pored relacija sa testom Matrica, ostvaruje dosledne korelacije sa ostalim verbalnim testovima – testom Sinonima-antonima i testom Kristalizovanih asocijacija, kao i sa testom Simbol koji je inicijalno konstruisan sa namerom da meri kognitivnu brzinu u verbalnom modalitetu. Međutim, posmatrano kroz forme može se videti da test Analogija ostvaruje jedne od najviših korelacija sa testovima Mozaik i Slagalica. Razlog ovome se delimično može potražiti u činjenici da test Matrica

poseduje značajno nižu pouzdanost od testova Mozaik i Slagalice te da pouzdanost Matrica postavlja restrikciju u pogledu visine povezanosti ovog testa sa bilo kojom drugom merom. Ovo se najbolje može videti kada se dobijena korelacija Analogija i Matrica iz forme D kontrastira sa korelacijama dobijenim za druge forme, budući da se test Matrica pokazao najpouzdanijim u ovoj formi. Dodatan razlog za relativno ujednačene korelacije koje test Fluidnih analogija ostvaruje sa figuralnim testovima snage se verovatno može pripisati činjenici da testovi ovog tipa, dakle, analogije, testovi matrica, kao i testovi koji mere efikasnost manipulacije i mentalne transformacije kompleksnih vizuelnih sadržaja predstavljaju indikatore opšte sposobnosti prvog reda (Carpenter et al., 1990; Carroll, 1993; Gignac, 2015; Horn, 1979; Jensen, 1998; Snow et al., 1984; Spearman, 1946; Vernon & Parry, 1949).

Testovi Sinonima-antonima i Kristalizovanih asocijacija, očekivano, ostvaruju relativno dosledne korelacije, pri čemu oba testa koreliraju i sa preostala dva testa namenjena proceni inteligencije u verbalnom modalitetu – testom Fluidnih analogija i Simbolom. Takođe pokazalo se da oba testa dosledno ostvaruju povezanost sa figuralnim testovima snage. Povezanosti između testova namenjenih proceni fluidnih kapaciteta i Kristalizovanih asocijacija se, svakako, bar delimično mogu pripisati elementu uvida koji je sadržan u testu Kristalizovane asocijacije, a koji je u srži predmeta merenja testova fluidnog rezonovanja. Sa druge strane, relacije između Kristalizovanih asocijacija i testova namenjenih merenju  $G_v$  se, slično kao u slučaju Analogija može pripisati visokoj zasićenosti testova ovog tipa  $G$  faktorom. Delimična “razlivenost” testa Sinonima-antonima, kao tipičnog testa brzine se svakako, bar jednim delom, može pripisati tome da je komponenta brzine procesiranja informacija u manjoj ili većoj meri prisutna u svakom od testova.

Testovi Mozaik i Slagalice, sa druge strane, međusobno visoko koreliraju kroz sve forme. Dodatno, umereno visoke korelacije ova dva testa sa testovima namenjenim merenju fluidnog rezonovanja konzistentno se replikuju kroz različite forme. Konačno, umerene pozitivne korelacije između dva testa namenjena proceni kognitivne brzine (Simbol i Vizuelna potraga) replikovane su kroz sve četiri forme. Test Vizuelna potraga je pokazao dosledne relacije samo sa testom Simbol, dok intenzitet povezanosti sa figuralnim testovima snage varira kroz forme. Test Simbol, sa druge strane, iako dosledno korelisan sa drugim verbalnim testovima, pokazao je konzistentne slabe do umerene korelacije sa figuralnim testovima snage, pre svega sa merama namenjenim proceni

efikasnosti procesiranja kompleksnog vizuelnog sadržaja kao što su Mozaik i Slagalica. Čini se da se slabiji intenzitet povezanosti ovog testa sa ostalim verbalnim testovima, nego sa testovima namenjenim proceni  $G_v$  samo delimično može pripisati razlikama u pouzdanosti instrumenata. Verovatnije je da ovaj test pored verbalne sadrži i salijentnu neverbalnu komponentu koja omogućava uspešno procesiranje verbalnih (slova) i neverbalnih elemenata (apstraktni, nepoznati simboli) te brzo i efikasno stvaranje arbitrarnih relacija među njima.

#### 2.2.3.3.2 *Relacije testova sa kriterijumskim merama*

U cilju utvrđivanja konvergentne/divergentne valjanosti, konstruisani testovi su dovedeni u vezu sa potvrđenim testovnim markerima svakog od četiri široka faktora sposobnosti. Dodatno, u cilju testiranja prediktivne validnosti konstruisanih testova oni su dovedeni u relaciju sa relevantnim spoljnim kriterijumom – prosečnom ocenom na studijama. Interkorelacije četiri forme svakog od konstruisanih testova i validacionih kriterijuma prikazane su u Tabeli 30.

Tabela 30

*Interkorelacije konstruisanih testova sposobnosti, validacionih testova i prosečne ocene na studijama*

test	forma	RM	GSN	IT2	ITI	GPA
MTRX	A	.513**	.250**	.527**	.212*	.304** (.260**)
	B	.564**	.145	.435**	.315**	.202* (.194*)
	C	.321**	.104	.365**	.315**	.145 (.134)
	D	.543**	.201*	.477**	.236**	.213* (.162)
FAL	A	.502**	.343**	.537**	.240**	.263** (.208*)
	B	.363**	.267**	.385**	.267**	.314** (.224*)
	C	.341**	.294**	.428**	.158	.220* (.151)
	D	.515**	.386**	.452**	.169	.330** (.240**)
SA	A	.205*	.423**	.214*	.093	.174 (.127)
	B	.179	.543**	.208*	.221*	.143 (.118)
	C	.143	.546**	.155	.169	.243** (.253**)
	D	.193*	.479**	.208*	.170	.098 (.064)
KA	A	.302**	.376**	.323**	.113	.140 (.125)
	B	.266**	.296**	.297**	.136	.137 (.098)
	C	.291**	.339**	.326**	.225*	.252** (.243**)
	D	.324**	.444**	.373**	.086	.208** (.202*)
MZK	A	.400**	.288**	.559**	.262**	.174 (.103)
	B	.458**	.183*	.566**	.355**	.195* (.170)
	C	.460**	.207*	.542**	.369**	.119 (.075)
	D	.434**	.132	.463**	.246**	.245** (.132)
PUZZ	A	.372**	.167	.557**	.465**	.121 (.089)
	B	.437**	.180*	.523**	.471**	.202* (.168)
	C	.437**	.079	.527**	.495**	.063 (.032)
	D	.536**	.103	.542**	.499**	.223* (.137)
SMBL	A	.339**	.223*	.320**	.311**	.102 (.044)
	B	.251**	.243**	.340**	.292**	.163 (.122)
	C	.281**	.121	.265**	.285**	.140 (.069)
	D	.235*	.292**	.237**	.247**	.230* (.099)
PTRG	A	.066	.112	.093	-.016	.028 (.012)
	B	.184*	.162	.105	.106	.099 (.096)
	C	.018	.067	.083	.066	.028 (.027)
	D	.024	.242**	-.014	.015	.110 (.076)
GPA		.214** (.173*)	.200** (.159*)	.197** (.149*)	.096 (.120)	

*Napomena.* MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; RM – Kratka forma Ravenovih matrica; GSN – Test sinonima; IT2 – Test spacijalnih sposobnosti; ITI – Test identičnih figura; GPA – prosečna ocena na studijama (engl. *Grade Point Average*); Brojevi u zagradama – korelacije između testova i GPA pri čemu je broj položenih ispita parcijalizovan<sup>17</sup>; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

Sve četiri forme Matrica pokazale su adekvatan stepen konvergencije sa primarnim validacionim testom – Ravenovim matricama ( $r_{avg} = .485$ ). Imajući u vidu pouzdanosti testova može se zaključiti da se relativno mali procenat pouzdane varijanse testova Matrica može pripisati varijansi koju ovi testovi ne dele sa Ravenovim matricama. Pored toga, pokazalo se da Matrice u relativno visokoj meri koreliraju sa figuralnim testom IT2 ( $r_{avg} = .451$ ) koji pored toga što meri spacijalne sposobnosti teži i da meri

<sup>17</sup> Budući da su u ovoj fazi istraživanja učestvovali studenti različitih nivoa osnovnih studija, te da se nisu svi susreli sa podjednakim brojem ispita, statistička kontrola za broj položenih ispita daje nešto „čistiju“ aproksimaciju relacija između kognitivnih sposobnosti i akademskog postignuća. Korelacija između akademskog postignuća i broja položenih ispita iznosila je .324 ( $p < .001$ ).

spособnosti u osnovi edukacije relacija i korelata (Wolf et al., 1992). Nešto niže korelacije testovi Matrica ostvarili su sa neverbalnim *ITI* ( $r_{avg} = .270$ ), a najniže sa verbalnim testom brzine *GSN* ( $r_{avg} = .175$ ). Fluidne analogije su pokazale najviše korelacije sa testom specijalnih sposobnosti ( $r_{avg} = .451$ ) kao i Ravenovim matricama ( $r_{avg} = .430$ ), zatim verbalnim testom Sinonima ( $r_{avg} = .323$ ) i najniže korelacije sa brzinskim testom *ITI* ( $r_{avg} = .209$ ).

Test Sinonima-antonima, sa druge strane, ostvario je najviše korelacije sa verbalnim testom *GSN* ( $r_{avg} = .498$ ), dok su sa drugim testovima korelacije samo sporadično dobijene za neke od formi (*RM*  $r_{avg} = .180$ ; *IT2*  $r_{avg} = .196$ ; *ITI*  $r_{avg} = .163$ ). Pokazalo se da je postignuće na testu Kristalizovanih asocijacija najviše asocirano sa učinkom na verbalnom testu *GSN* ( $r_{avg} = .364$ ), ali i sa učinkom na *RM* ( $r_{avg} = .296$ ) i specijalnom testu *IT2* ( $r_{avg} = .330$ ), dok je ovaj test ostvario samo jednu nisku korelaciju sa testom *ITI* ( $r_{avg} = .140$ ).

Testovi Mozaik i Slagalica pokazali su veoma sličan složaj korelacija gde se pokazalo da su oba testa relativno visoko asocirana sa testom specijalnih sposobnosti *IT2* (Mozaik:  $r_{avg} = .533$ ; Slagalica:  $r_{avg} = .537$ ) i nešto niže sa *RM* (Mozaik:  $r_{avg} = .438$ ; Slagalica  $r_{avg} = .446$ ). Dodatno, test Mozaik je pokazao relativno niske korelacije sa testom *GSN* ( $r_{avg} = .202$ ) i dosledne umerene korelacije sa testom perceptivne brzine *ITI* ( $r_{avg} = .308$ ). Sa druge strane, test Slagalica pokazao je praktično odsustvo povezanosti sa verbalnim *GSN* ( $r_{avg} = .132$ ) i neočekivano visoku asocijaciju sa testom *ITI* ( $r_{avg} = .483$ ).

Dva testa kognitivne brzine - Simbol i Vizuelna potraga pokazali su veoma različit složaj korelacija. Sa jedne strane, pokazalo se da Simbol relativno ujednačeno korelira sa sva četiri testovna markera četiri široka faktora sposobnosti (*RM*  $r_{avg} = .277$ ; *GSN*  $r_{avg} = .220$ ; *IT2*  $r_{avg} = .291$ ; *ITI*  $r_{avg} = .284$ ), dok je za test Vizuelna potraga, izuzev dve sporadične korelacije sa testovima *RM* i *GSN* izostala bilo kakva evidencija o povezanosti sa potvrđenim markerima kognitivnih sposobnosti (*RM*  $r_{avg} = .073$ ; *GSN*  $r_{avg} = .146$ ; *IT2*  $r_{avg} = .067$ ; *ITI*  $r_{avg} = .043$ ).

Dodatno, pokazalo se da testovi Matrica i Fluidnih analogija najdoslednije predviđaju akademsko postignuće ispitanika. Pored ovih testova, jedine korelacije sa akademskim postignućem koje su replikovane u bar dve forme su one za testove vizuelnog procesiranja i kristalizovanih znanja. Složaj ovih korelacija je analogan onom dobijenom za validacione testove gde se, takođe, pokazalo da testovni markeri fluidnog

rezonovanja, kristalizovanih sposobnosti, kao i sposobnosti u domenu procesiranja kompleksnog vizuelnog materijala ostvaruju uspešnu predikciju akademskog postignuća, pri čemu su korelacije između konstruisanih testova i kriterijuma u rangu onih dobijenih za validacione testove ili nešto više. Iako relativno niske, dobijene korelacije govore u prilog spoljnoj validnosti konstruisanih instrumenata. Naime, treba imati na umu da na višim obrazovnim nivoima, usled restrikcije varijabiliteta na varijablama sposobnosti, tipično dolazi do umanjenja korelacija između mera inteligencije i školskog postignuća (vidi Jensen, 1998).

#### 2.2.3.3.3 *Konfirmatorna faktorska analiza*

U cilju utvrđivanja strukturalnih relacija između testova sposobnosti te provere adekvatnosti svake od konstruisanih mera kao testovnog markera četiri široka faktora intelektualnih sposobnosti pretpostavljenih u okviru CHC modela (Carroll, 1993, 1997, 2005; McGrew, 2009) sprovedena je *CFA*. Kako je prethodno pokazano da različite forme testova poseduju prihvatljiv stepen paralelnosti te da svaki od testova unutar formi poseduje adekvatnu konstruktivnu valjanost, u cilju adekvatne procene parametara modela matrica podataka ispitanici  $x$  forme  $x$  testovi redukovana je na matricu ispitanici  $x$  testovi. Preciznije, za poduzorak ispitanika ( $N = 84$ ) koji je popunjavao sve četiri forme instrumenata skor na svakom testu izračunat je kao prosečno postignuće na različitim formama testova. Ovom uzorku pridodat je drugi poduzorak ( $N = 135$ ) koji je popunjavao bateriju testova samo u jednoj vremenskoj tački, tj. formi. Tako je redukovana matrica podataka za svakog ispitanika sadržala po jedan skor za svaki od testova koji je poslužio kao ocenitelj postignuća ispitanika na datom tipu testa. Na ovaj način bilo je moguće testirati podesnost pretpostavljenog modela te adekvatnost konstruisanih testova kao markera četiri široka faktora sposobnosti na celokupnom uzorku ispitanika ( $N = 219$ ).

Pored konstruisanih testova u *CFA* su uključeni validacioni testovni markeri *Gf*, *Gc*, *Gv*, i *Gs*. Testirana su dva modela. Prvi testirani model (Slika 18) pretpostavlja četiri korelisana grupna faktora, dok drugi model povrh grupnih faktora pretpostavlja postojanje *G* faktora na vrhu hijerarhije (Slika 19). U oba modela pretpostavljena su zasićenja testova Matrice, Fluidne analogije i *RM* faktorom fluidnih sposobnosti, zasićenja testova Sinonima-antonima, Kristalizovanih asocijacija i testa *GSN* faktorom kristalizovanih sposobnosti, zatim zasićenja testova Mozaik, Slagalica i *IT2* faktorom *Gv*, kao i zasićenja testova Simbol, Vizuelna potraga i *ITI* faktorom *Gs*. Imajući u vidu da

test Analogija pored relativno visokih korelacija sa merama fluidnih ostvaruje povezanost i sa merama kristalizovanih sposobnosti što se može atribuirati deljenom verbalnom modalitetu u modelu su specificovana zasićenja ovog testa, kako faktorom *Gf*, tako i faktorom *Gc*. U modelima je, dodatno, pretpostavljena veća sličnost testova Sinonima-antonima i *GSN*, nakon parcijalizacije faktora *Gc*, a koja je definisana dopuštanjem kovarijanse grešaka između pomenuta dva testa. Naime, veća formalna i sadržinska sličnost ova dva testa pretpostavljena je jer oba predstavljaju tipične testove brzine u kojima je zadatak ispitanika jednostavna identifikacija denotativnog značenja verbalnih simbola, za razliku od testa Kristalizovanih asocijacija koji predstavlja test snage te procenjuje širinu i dubinu kristalizovanih znanja osobe. Slično tome, u okviru faktora *Gs* pretpostavljena je veća sličnost testova Simbol i Vizuelna potraga budući da ova dva testa, usled deljene tehnike zadavanja (papir-olovka), za razliku od *ITI* poseduju izraženu motoričku komponentu te se može očekivati da unikviteti ova dva testa budu u korelaciji. Osnovni pokazatelji podesnosti modela dati su u tabeli 31.

Tabela 31

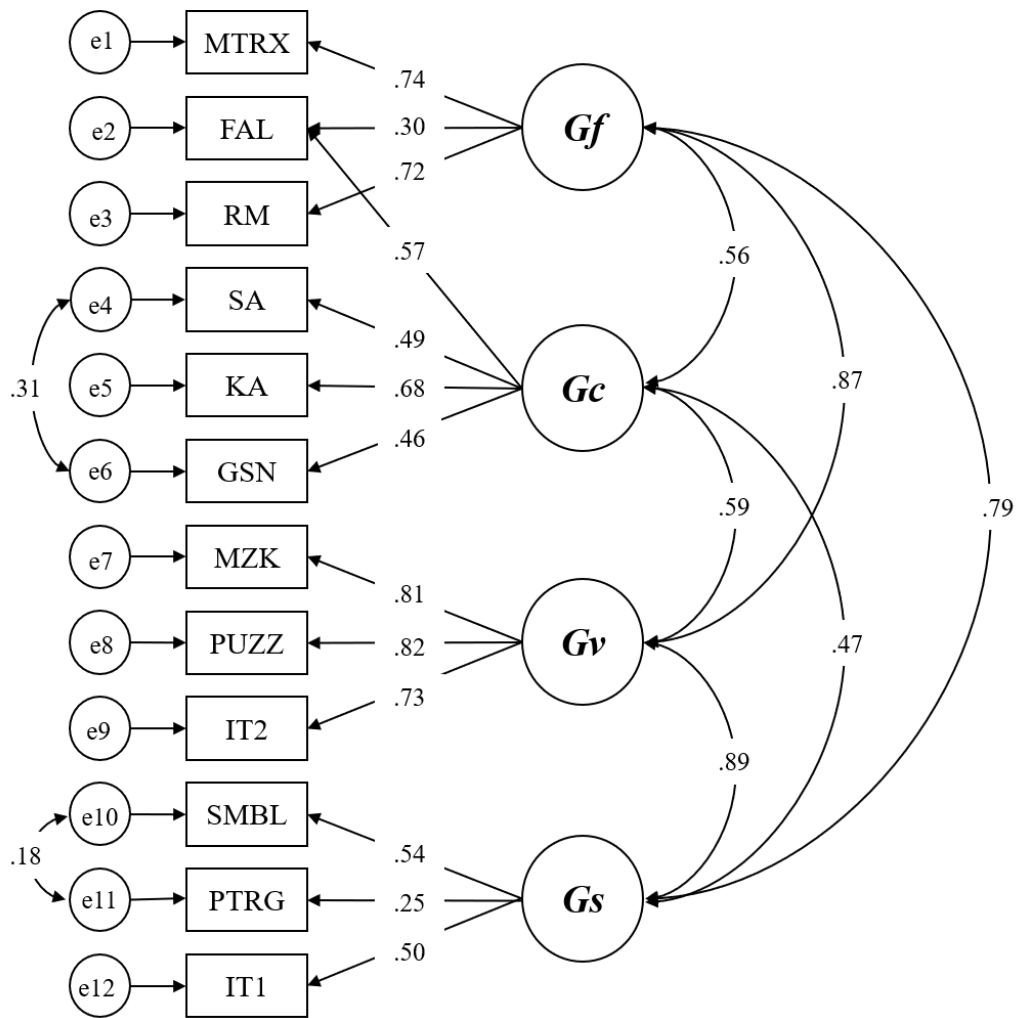
*Parametri modela sposobnosti*

model	$\chi^2$ (df)	<i>p</i>	$\chi^2/df$	<i>TLI</i>	<i>CFI</i>	<i>RMSEA</i> [90% <i>CI</i> ]
model grupnih faktora	79.756 (45)	.001	1.772	.939	.958	.060 [.037 - .081]
hijerarhijski model	80.348 (47)	.002	1.710	.944	.960	.057 [.035 - .078]

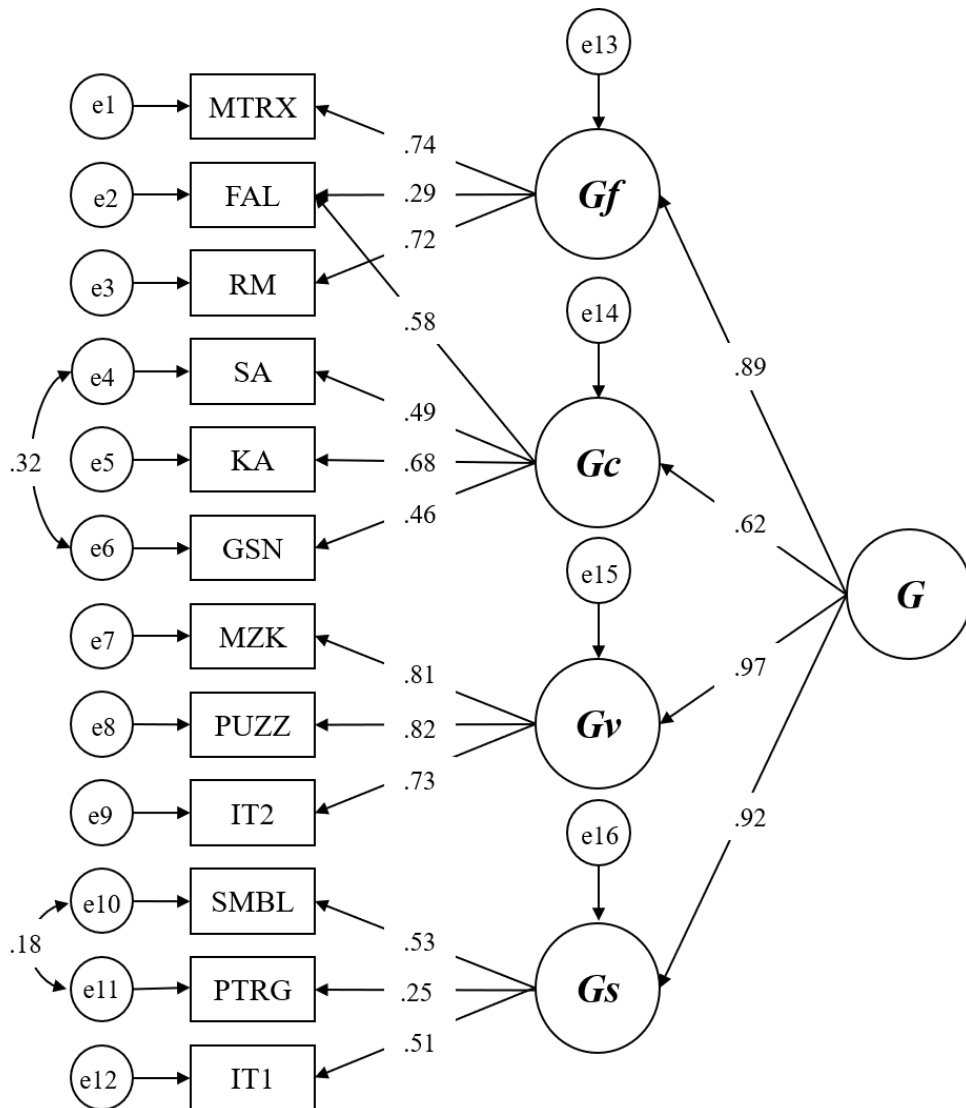
*Napomena.*  $\chi^2$  – hi-kvadrat, *df* – stepeni slobode, *RMSEA* – Root Mean Square Error of Approximation, *TLI* – Tucker-Lewis indeks fita, *CFI* – Comparative fit index; *RMSEA* ≤ 0.06, *CFI* ≥ 0.95, *TLI* ≥ 0.95 (Hu & Bentler, 1999)

U slučaju oba modela hi-kvadrat statistik za dati broj stepeni slobode pokazao se statistički značajnim što ukazuje na odstupanja definisanih modela od podataka. Ipak, kako je ovaj test na većim uzorcima suviše osetljiv konsultovani su preostali pokazatelji fita. Komparativni indeks (*CFI*) kao i Nenormirani indeks fita (*TLI*) ukazali su na adekvatan stepen podesnosti oba modela. Dobijene vrednosti apsolutne podesnosti modela – *RMSEA* kao i opseg 90% intervala poverenja ovog statistika ukazali su na zadovoljavajući fit oba modela.





Slika 18. Model grupnih faktora



Slika 19. Hijerarhijski model sa  $G$  faktorom

Inspekcijom zasićenja oba modela može se primetiti da testovi Matrica i *RM* predstavljaju podjednako dobre indikatore  $G_f$ . Sa druge strane, pokazalo se da je test Analogija u značajnoj meri zasićen, kako fluidnim, tako i kristalizovanim sposobnostima što ukazuje na njegovu dualnost kao markera  $G_f$ , odnosno  $G_c$ . Očekivano, pokazalo se da u osnovi testova Sinonima-antonima, Kristalizovanih asocijacija i *GSN* stoje kristalizovane sposobnosti, pri čemu je dobijena značajna povezanost unikviteta dva testa u kojima se zadatak ispitanika svodi na identifikaciju značenja reči, nasuprot trećeg testa ovih sposobnosti koji meri posedovanje specifičnih znanja iz različitih oblasti kulture. Sva tri vizuelna testa sposobnosti pokazala su približno ujednačena zasićenja faktorom  $G_v$  što ukazuje na to da su sposobnosti efikasnog manipulisanja vizuo-spacijalnim sadržajima definišuće determinante učinka na ovim testovima. Konačno, pokazalo se da u osnovi učinka na testovima brzine Simbol, Vizuelna potraga i *ITI* stoje sposobnosti

fluentnog procesiranja jednostavnih sadržaja tipične za  $G_s$  kako je definisan u okviru CHC teorije.

Sve dobijene korelacije između latentnih faktora su pozitivne i u pogledu intenziteta umerene do visoke. Najviša korelacija dobijena je između faktora  $G_f$  i  $G_v$ , kao i između  $G_v$  i  $G_s$ . Sa druge strane, faktor kristalizovanih sposobnosti je pokazao nešto niže povezanosti sa ostalim latentnim dimenzijama. Ove razlike u intenzitetu povezanosti svakako se, bar delimično, mogu pripisati formalnim i sadržinskim svojstvima pojedinačnih indikatora svakog od faktora. Naime, neverbalni testovi su u poređenju sa verbalnim nadreprezentovani u ovom modelu. Dodatno, svi testovi  $G_f$  i  $G_v$  predstavljaju tipične testove snage dok tri od četiri testa koja su primarno zasićena faktorom  $G_c$  predstavljaju testove brzine. Upravo iz tog razloga, slabije zasićenje faktora  $G_c$  opštom sposobnošću u poređenju sa ostalim faktorima (Slika 19) pre treba shvatiti kao posledicu konteksta i korišćenih testova nego kao fundamentalnu razliku u pogledu učešća  $G-a$  u pojedinačnim faktorima sposobnosti.

#### **2.2.3.4 Evaluacija zadataka egzekutivnih funkcija**

U ovom odeljku prikazana je evaluacija i validacija konstruisanih zadataka egzekutivnih funkcija te njihova adekvatnost kao indikatora svake od tri egzekutivne funkcije pretpostavljene modelom Mijakija i saradnika (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012).

Za sva četiri zadatka iz analize su isključena vremena reakcije koja su bila kraća od 200ms (“slučajne reakcije”), kao i vremena reakcije na stimulse na koje je netačno odgovoreno s obzirom na to da takve mere ne predstavljaju indikatore egzekutivnih procesa. Budući da su vremena reakcije na zadacima inhibicije i premeštanja u značajnijoj meri odstupala od normalne distribucije, nad podacima prikupljenim ovim zadacima izvršene su neophodne transformacije. Naime, vremena reakcije su podvrgnuta dvostrukoj vinzorizaciji – između i unutar ispitanika. Na osnovu raspodele skorova u okviru blokova u zadacima premeštanja, odnosno kategorija stimulusa (neutralni, kongruentni, nekongruentni) u zadacima inhibicije, izračunate su empirijske granice odstupanja od proseka svih ispitanika –  $\pm 3 SD$  od prosečnog vremena reakcije za dati blok/klasu stimulusa. Sve vrednosti koje su izlazile iz ovog opsega zamenjene su graničnim vrednostima ( $M + 3SD$ , odnosno  $M - 3SD$ ). Nakon toga, sprovedena je

vinzorizacija vremena reakcije unutar ispitanika, tj. za svakog ispitanika ponaosob vremena reakcije koja su za više od  $\pm 3 SD$  odstupala od prosečnog vremena reakcije datog ispitanika zamenjena su empirijskim granicama intervala za datog ispitanika.

U Tabeli 32 prikazane su deskriptivne statističke mere tačnosti i diferencijalnih vremena reakcije za svaki od šest zadataka egzekutivnih funkcija. Sve mere diferencijalnog vremena reakcije računane su tako da viši skorovi ukazuju na bolju sposobnost inhibicije odnosno premeštanja. Očekivano, distribucije ukupnih proporcija tačnosti u zadacima inhibicije i premeštanja pokazale su izraženu negativnu asimetriju i leptokurtičnost te odstupanja od normalne distribucije što ukazuje na relativno mali broj grešaka koje su ispitanici, u proseku činili u ovim zadacima. Slično tome, distribucije proporcija distraktora prijavljenih kao mete (lažni pozitivni, engl. *false positive*) u zadacima ažuriranja ukazale su na izraženu pozitivnu asimetriju i leptokurtičnost raspodela upućujući na značajnu pomenost i grupisanje ovog tipa grešaka oko niskih vrednosti.

Tabela 32

*Deskriptivne statističke mere tačnosti i vremena reakcije za zadatke egzekutivnih funkcija*

zadatak	mera	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>zSk</i>	<i>zKu</i>	<i>K-S</i>
<i>V 3-unazad</i>	tačnost	.60	.18	.08	.95	-2.08*	-.064	1.277
	lažni pozitivni	.09	.09	.00	.58	14.85**	26.23	2.399**
<i>NV 3-unazad</i>	tačnost	.56	.20	.08	1.00	-1.55	-1.60	1.359*
	lažni pozitivni	.08	.09	.00	.53	16.15**	27.25**	2.854**
<i>V Strup</i>	tačnost	.94	.06	.57	1.00	-18.04**	40.47**	2.676**
	diff rt	-151.97	124.37	-484.37	72.93	-4.34**	-0.74	1.413*
<i>NV Strup</i>	tačnost	.96	.04	.76	1.00	-11.02**	13.55**	2.807**
	diff rt	-46.63	39.10	-139.89	66.75	0.51	-0.76	0.436
<i>Broj-slovo</i>	tačnost	.92	.07	.53	1.00	-14.09**	24.06**	2.508**
	diff rt	-317.94	115.62	-700.49	141.71	2.10*	6.66**	0.972
<i>Lokal-global</i>	tačnost	.91	.07	.48	1.00	-15.74**	30.46**	2.708**
	diff rt	-453.31	175.65	-1062.09	85.45	-3.62**	2.80**	1.309

*Napomena.* *V 3-unazad* – verbalni 3-unazad; *NV 3-unazad* – neverbalni 3-unazad; *V Strup* – verbalni Strupov zadatak; *NV Strup* – neverbalni Strupov zadatak *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skunisi; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; diff rt – diferencijalno vreme reakcije; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

U pogledu osnovnih skorova deriviranih iz zadataka, tj. proporcije tačnosti rešavanja zadataka ažuriranja i diferencijalnog vremena reakcije za testove inhibicije i premeštanja, većina raspodela pokazala je približno normalne distribucije skorova. Proporcija tačnosti dobijena za zadatke ažuriranja ukazala je na dobru podešenost zadataka ispitivanoj populaciji pri čemu se neverbalni zadatak pokazao nešto težim od verbalnog [ $F(2,218) = 1389.15, p < .001, \eta_p^2 = .864$ ]. Primetnija odstupanja od normalne raspodele u pravcu negativne asimetrije uočena su u slučaju verbalnog Strupovog

zadatka, kao i zadatka Lokal-global, dok je nešto blaže odstupanje zabeleženo u pogledu zadatka Broj-slovo. Dva zadatka premeštanja, dodatno su pokazala izraženije grupisanje oko visokih skorova. Međutim, u celini ipak se može reći da je većina zadataka pokazala prihvatljiv stepen diskriminativnosti indikovani Kolmogorov-Smirnovljevim testom.

### 2.2.3.5 Validnost zadataka egzekutivnih funkcija

Kako korišćenje mera diferencijalnog vremena reakcije kao indikatora efikasnosti kognitivne inhibicije i premeštanja podrazumeva postojanje bazičnih kognitivnih efekata, tj. duže RT u odgovorima na nekongruentne nego na neutralne stimulse u zadacima inhibicije (Strupov efekat), odnosno duže prosečno RT u heterogenom bloku nego u prva dva mono-bloka u zadacima premeštanja – sprovedene su analize koje su imale za cilj proveru validnosti skorova na pomenutim zadacima.

Očekivano, pokazalo se da su ispitanici sa različitom tačnošću odgovarali na relevantne kategorije stimulusa u okviru Verbalnog zadatka inhibicije. Naime, ispitanici su tačnije reagovali na neutralne ( $M = .94$ ;  $SD = .06$ ), nego na nekongruentne stimulse ( $M = .92$ ;  $SD = .07$ ), pri čemu je između dve kategorije stimulusa dobijena značajna razlika ( $Z = 3.851$ ,  $p < .001$ ). U pogledu vremena reakcije dobijen je značajan efekat kategorije stimulusa na RT [ $F(1,218) = 327.003$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .600$ ], pri čemu se RT na stimulse u neutralnom obliku ( $M = 825.94$ ;  $SD = 170.69$ ) pokazalo značajno kraćim od onog za nekongruentne stimulse ( $M = 977.91$ ;  $SD = 266.64$ ).

U pogledu tačnosti odgovora na stimulse različitih kategorija u okviru Neverbalnog Strupovog zadatka takođe su dobijene značajne razlike. Tako su ispitanici bili tačniji u slučaju kongruentnih ( $M = .98$ ;  $SD = .04$ ), nego nekongruentnih suprotnih stimulusa ( $M = .95$ ;  $SD = .05$ ). Naime, dobijena je niža tačnost u odgovaranju na nekongruentne suprotne stimulse u poređenju sa kongruentnim ( $Z = 6.133$ ,  $p < .001$ ). Takođe, dobijen je efekat kategorije stimulusa na RT, pri čemu se pokazalo da je ispitanicima bilo potrebno manje vremena da tačno odgovore na stimulse u kongruentnom ( $M = 668.27$ ;  $SD = 70.46$ ), nego u nekongruentnom suprotnom obliku ( $M = 714.90$ ;  $SD = 72.41$ ) [ $F(1,218) = 311.478$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .588$ ].

U slučaju testa Broj-slovo, tačnost u prva dva mono-bloka uzeta zajedno ( $M = .95$ ;  $SD = .05$ ) pokazala se značajno višom od one ostvarene u heterogenom bloku ( $M = .90$ ;  $SD = .09$ ) ( $Z = 9.837$ ,  $p < .001$ ). Takođe, pokazalo se da su ispitanici imali značajno dužu

latencu u heterogenom bloku ( $M = 890.01$ ;  $SD = 142.69$ ) nego u prva dva bloka ( $M = 572.07$ ;  $SD = 63.39$ ) što ukazuje na relativno veliki efekat troška premeštanja [ $F(1,218) = 1656.14$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .884$ ].

Slično tome, u zadatku Lokal-global dobijen je pad u tačnosti u heterogenom bloku ( $M = .88$ ;  $SD = .10$ ) u poređenju sa tačnošću u mono-blokovima ( $M = .94$ ;  $SD = .05$ ) ( $Z = 10.584$ ,  $p < .001$ ), pri čemu se i u slučaju ovog zadatka pokazalo usporenje u RT u trećem bloku ( $M = 1212.03$ ;  $SD = 222.21$ ) u poređenju sa prva dva bloka uzeta zajedno ( $M = 758.72$ ;  $SD = 94.34$ ) koje se može pripisati trošku premeštanja [ $F(1,218) = 1458.59$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .870$ ].

U celini, zadaci su pokazali razlike u tačnosti i prosečnom vremenu reakcije između kategorija stimulusa od interesa, pri čemu je veličina dobijenih efekata uporediva sa efektima o kojima izveštavaju ranije studije (npr. Friedman et al., 2006; Miyake et al., 2000; Purić, 2013).

Tabela 33 prikazuje korelacije između zadataka egzekutivnih funkcija. Korelacije između mera tačnosti za svaki od zadataka date su u Prilogu E. Pokazalo se da dva zadatka ažuriranja ostavljaju relativno visoku korelaciju te sličan složaj povezanosti sa zadacima drugih funkcija. Naime, oba zadatka pozitivno su korelirana sa verbalnim i neverbalnim Strupovim zadatkom, kao i zadatkom Lokal-global, dok korelacija sa verbalnim zadatkom premeštanja u oba slučaja izostaje. Sa druge strane, dva zadatka inhibicije su pokazala relativno slabu povezanosti, pri čemu verbalni Strupov zadatak ostvaruje pozitivne povezanosti sa oba zadatka premeštanja, dok to nije slučaj sa neverbalnim Strupovim zadatkom. Konačno, dva zadatka premeštanja pokazala su umerenu pozitivnu korelaciju.

Tabela 33  
*Korelacije između zadataka egzekutivnih funkcija*

zadatak	V 3-unazad	NV 3-unazad	V Strup	NV Strup	Broj-slovo	Lokal-global
V 3-unazad		.634**	.202*	.191**	.093	.236**
NV 3-unazad			.228**	.209**	.041	.171*
V Strup				.149*	.159*	.254**
NV Strup					.021	.067
Broj-slovo						.271**
Lokal-global						

*Napomena.* V 3-unazad – verbalni 3-unazad; NV 3-unazad – neverbalni 3-unazad; V Strup – verbalni Strupov zadatak; NV Strup – neverbalni Strupov zadatak; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

U celini, zadaci egzekutivnih funkcija međusobno ostvaruju slabe do umerene povezanosti pri čemu u većini slučajeva svaki od zadataka pokazuje najviši stepen

povezanosti sa merom iste egzekutivne funkcije u drugom modalitetu, dok je broj povezanosti i intenzitet korelacija između zadataka različitih egzekutivnih funkcija znatno niži ili nepostojeći, što upućuje na prihvatljiv nivo konvergentne/divergentne valjanosti zadataka.

U cilju evaluacije konstruisanih zadataka kao markera svake od tri postulirane egzekutivne funkcije u okviru modela Mijakija i saradnika (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012) sprovedena je konfirmatorna faktorska analiza. Naime, testiran je model tri odvojene, ali međusobno povezane egzekutivne funkcije (Slika 20). Niske vrednosti hi-kvadrata i *RMSEA*, kao i visoke vrednosti relativnih indeksa fitovanja ukazali su na to da trofaktorski model povezanih egzekutivnih funkcija u visokoj meri odgovara podacima (Tabela 34).

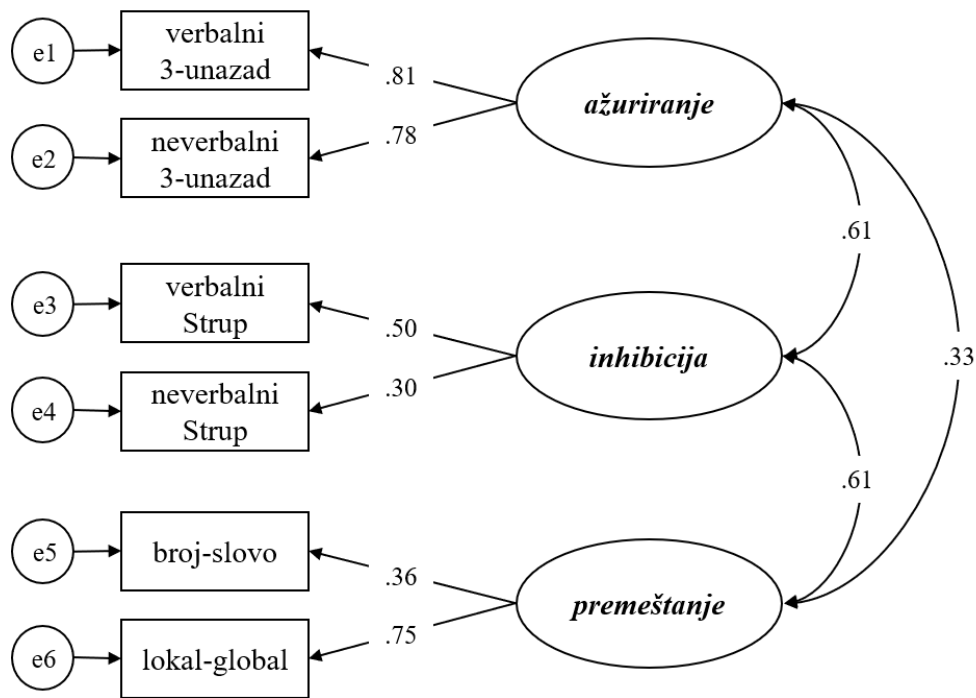
Tabela 34

*Parametri trofaktorskog modela egzekutivnih funkcija*

model	$\chi^2$ (df)	p	$\chi^2/df$	TLI	CFI	RMSEA [90% CI]
trofaktorski model EF	6.721 (6)	.347	1.120	.989	.996	.023 [.000 - .093]

*Napomena.*  $\chi^2$  – hi-kvadrat, *df* – stepeni slobode, *RMSEA* – Root Mean Square Error of Approximation, *TLI* – Tucker-Lewis indeks fita, *CFI* – Comparative fit index; *RMSEA* ≤ 0.06, *CFI* ≥ 0.95, *TLI* ≥ 0.95 (Hu & Bentler, 1999)

Rezultati ukazuju na to da svaki od konstruisanih zadataka predstavlja solidan indikator odgovarajućeg latentnog faktora. Ipak, nešto niža zasićenja dobijena su za neverbalni Strupov zadatak u okviru faktora inhibicije i zadatak Broj-slovo u okviru faktora premeštanja, što ukazuje na nešto veći procenat varijanse ova dva zadatka koji nije determinisan korespondentnim latentnim dimenzijama.



Slika 20. Trofaktorski model egzekutivnih funkcija

Pokazalo se da latentni faktori tri egzekutivne funkcije umereno pozitivno koreliraju, pri čemu su dobijene korelacije istog intenziteta između faktora inhibicije i premeštanja, kao i ažuriranja i inhibicije. Najniža povezanost dobijena je između latentnih faktora ažuriranja i premeštanja. Visina povezanosti latentnih faktora egzekutivnih funkcija deriviranih iz ovog seta zadataka kao i složaj korelacija faktora u velikoj meri je uporediv sa korespondentnim relacijama dobijenim u ranijim studijama (npr. Friedman et al., 2006, 2008; Miyake & Friedman, 2012). U celini, može se zaključiti da skorovi izvedeni iz zadataka egzekutivnih funkcija predstavljaju adekvatne mere latentnih faktora, kao i da njihovi međusobni odnosi odgovaraju onima koje postulira trofaktorski model egzekutivnih funkcija.

### 2.2.3.6 Odnos kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija

U cilju rasvetljavanja psihometrijskih relacija između egzekutivnih funkcija i testovnih markera širokih faktora intelektualnih sposobnosti sprovedena je korelaciona analiza. Korelacije između zadataka egzekutivnih funkcija i testova četiri faktora kognitivnih sposobnosti prikazane su u Tabeli 35.



Tabela 35

*Korelacije između zadataka egzekutivnih funkcija i testova kognitivnih sposobnosti*

zadaci EF	Gf			Gc			Gv			Gs		
	MTRX	FAL	RM	SA	KA	GSN	MZK	PUZZ	IT2	SMBL	PTRG	ITI
V 3-unazad	<b>.256**</b>	<b>.202**</b>	<b>.229**</b>	.068	.130	.092	<b>.232**</b>	<b>.295**</b>	<b>.192**</b>	<b>.157*</b>	<b>.267**</b>	<b>.168*</b>
NV 3-unazad	<b>.219**</b>	<b>.164*</b>	<b>.316**</b>	.094	.055	-.043	<b>.217**</b>	<b>.275**</b>	<b>.293**</b>	.129	<b>.240**</b>	<b>.273**</b>
V Strup	<b>.193**</b>	.128	<b>.168*</b>	<b>.192**</b>	.087	.091	<b>.304**</b>	<b>.216**</b>	<b>.260**</b>	<b>.156*</b>	<b>.221**</b>	<b>.207**</b>
NV Strup	.117	-.017	.042	.120	.023	-.042	.129	.057	.010	.122	.059	.008
Broj-slovo	.060	-.119	-.096	.015	-.096	-.091	.122	<b>.155*</b>	-.018	<b>.161*</b>	<b>.144*</b>	-.084
Lokal-global	<b>.150*</b>	.071	.055	<b>.169*</b>	-.016	.074	<b>.164*</b>	<b>.210**</b>	.083	<b>.202**</b>	<b>.203**</b>	<b>.165*</b>

*Napomena.* V 3-unazad – verbalni 3-unazad; NV 3-unazad – neverbalni 3-unazad; V Strup – verbalni Strupov zadatak; NV Strup – neverbalni Strupov zadatak; MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; RM – Kratka forma Ravenovih matrica; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; GSN – Test sinonima; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; IT2 – Test spacijalnih sposobnosti; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; ITI – Test identičnih figura; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

Kao i u ranijim studijama (npr. Benedek et al., 2014; Friedman et al., 2006, 2008; Martínez et al., 2011; Oberauer et al., 2008; Wongupparaj et al., 2015), zadaci ažuriranja su pokazali najveći broj korelacija sa merama inteligencije, pri čemu je složaj dobijenih povezanosti dva zadatka sa merama kognitivnih sposobnosti istovetan. Naime, oba zadatka ažuriranja pokazala su korelacije sa testovnim markerima svih faktora inteligencije izuzev kristalizovanih sposobnosti.

U pogledu mera kognitivne inhibicije pokazalo se da verbalni Strupov zadatak korelira sa neverbalnim merama *Gf*, kao i svim merama faktora vizuelne percepcije i kognitivne brzine, pri tom ostvarujući korelaciju sa jednim markerom kristalizovanih sposobnosti – testom Sinonima-antonima. Neverbalni Strupov zadatak, sa druge strane, nije ostvario nijednu povezanost sa testovima intelektualnih sposobnosti, pri čemu su na nivou trenda, zabeležene samo tri korelacije, sa zadacima Sinonim-antonim ( $p = .077$ ), Mozaik ( $p = .056$ ) i Simbol ( $p = .072$ ).

Čini se da egzekutivna funkcija premeštanja u najmanjoj meri učestvuje u kognitivnim sposobnostima višeg reda, što je u skladu sa zapažanjima Friedmanove i saradnika (Friedman et al., 2006). Specifično, zadatak Broj-slovo pokazao je svega tri veoma niske korelacije sa neverbalnim testom Slagalice i dva testa kognitivne brzine – Simbol i Vizuelna potraga. Sa druge strane, neverbalna mera premeštanja ostvarila je nešto veći broj povezanosti i to sa testovima Matrica, Sinonim-antonim, Mozaik, Slagalice, kao i sva tri testa kognitivne brzine.

U celini gledano pojedinačni zadaci egzekutivnih funkcija primarno ostvaruju veze sa merama vizuelizacije i manipulacije vizuelnim sadržajima i jednostavnim testovima kognitivne brzine.

Budući da su neke od ranijih studija pokazale da je odnos između egzekutivnih funkcija inhibicije i premeštanja, sa jedne, i inteligencije, sa druge strane, ukoliko uopšte postoji, u potpunosti posredovan ažuriranjem (Friedman et al., 2006), a u cilju detaljnijeg sticanja uvida u prirodu povezanosti kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija na psihometrijskom nivou, varijansa ažuriranja je parcijalizovana iz skorova inhibicije, premeštanja i testova sposobnosti. Kao što se iz Tabele 36 može videti pokazalo se da je manji broj korelacija u potpunosti posredovan varijansom koju ovi testovi dele sa ažuriranjem. Tako se pokazalo da korelacija između zadatka Lokal-global i testa Mozaik izostaje kada se parcijalizuje varijansa koju ovi testovi dele sa ažuriranjem. Isti slučaj je

i sa relacijama zadatka Lokal-global i Matrice, kao i relacijama verbalnog Strupovog zadatka sa Simbolom, kao i zadatka Broj-slovo i Vizuelne potrage. Sve preostale korelacije između inhibicije i premeštanja, sa jedne i testova sposobnosti, sa druge strane, opstaju – tj. samo su delimično ili čak nimalo posredovane ažuriranjem.

Tabela 36

*Korelacije između zadataka egzekutivnih funkcija inhibicije i premeštanja i testova kognitivnih sposobnosti parcijalizovane za ažuriranje*

zadaci EF	Gf			Gc			Gv			Gs		
	MTRX	FAL	RM	SA	KA	GSN	MZK	PUZZ	IT2	SMBL	PTRG	ITI
<i>V Strup</i>	<b>.141*</b>	.085	.101	<b>.175**</b>	.068	.093	<b>.261**</b>	<b>.154*</b>	<b>.208**</b>	.125	<b>.166*</b>	<b>.155*</b>
<i>NV Strup</i>	.063	-.064	-.029	.102	.002	-.046	.079	-.013	-.055	.091	-.002	-.052
<i>Broj-slovo</i>	.040	<b>-.140*</b>	-.119	.010	-.111	-.104	.106	<b>.137*</b>	-.032	<b>.150*</b>	.127	-.098
<i>Lokal-global</i>	.094	.023	-.006	<b>.156*</b>	-.047	.058	.114	<b>.149*</b>	.034	<b>.171*</b>	<b>.148*</b>	.128

*Napomena.* V 3-unazad – verbalni 3-unazad; NV 3-unazad – neverbalni 3-unazad; V Strup – verbalni Strupov zadatak; NV Strup – neverbalni Strupov zadatak; MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; RM – Kratka forma Ravenovih matrica; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; GSN – Test sinonima; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; IT2 – Test specijalnih sposobnosti; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; ITI – Test identičnih figura; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

Veza između ažuriranja i fluidnog rezonovanja demonstrirana je i elaborirana u velikom broju dosadašnjih studija. Ove relacije tradicionalno se objašnjavaju uspešnom kontrolom pažnje, a u cilju održavanja relevantnih aspekata zadatka u svesti, uprkos interferenciji, uz simultano revidiranje i „zamenu“ nepotrebnih, novim i relevantnim informacijama (Engle et al., 1999; Miyake et al., 2000). Kako fluidne sposobnosti i sposobnosti u domenu vizuelnog procesiranja stoje u najbližim relacijama, što ih čini centralnim indikatorima opšte kognitivne sposobnosti (Carpenter et al., 1990; Carroll, 1993; Gignac, 2015; Horn, 1979; Jensen, 1998; Snow et al., 1984; Spearman, 1946; Vernon & Parry, 1949) nije iznenađenje da sposobnosti ažuriranja informacija stoje u osnovi kako fluidnog rezonovanja, tako i procesiranja kompleksnog vizuelnog materijala. Naime, pozitivne relacije između mera vizuelnog procesiranja i ažuriranja, već su dokumentovane u nekim od ranijih studija koje su koristile jednostavne zadatke egzekutivnih funkcija (npr. Benedek et al., 2014; Friedman et al., 2006, 2008; Martínez et al., 2011; Oberauer et al., 2008; Wongupparaj et al., 2015). Očigledno je da efikasna vizuelizacija i mentalna transformacija kompleksnih vizuelnih sadržaja u velikoj meri stavlja opterećenje na radnu memoriju tokom procesa konstantnog održavanja ciljnog složaja u svesti uz simultano obavljanje mentalnih transformacija i verifikacija potencijalnih rešenja.

Učešće ažuriranja u učinku na testovima brzine može se interpretirati u istom svetlu. Naime, u osnovi učinka na testovima brzine stoje sposobnosti fluentnog izvođenja relativno jednostavnih kognitivnih zadataka koje se oslanja na sposobnosti brzog i efikasnog stvaranja arbitrarnih veza između stimulusa (tipičnih za test Simbol), odnosno kontinuiranog održavanja cilja zadatka u svesti uz simultanu komparaciju i verifikaciju većeg broja opcija uz istovremeno inhibiranje salijentnih distraktora (tipično za testove Vizuelne potrage i *ITI*). Upravo ovi procesi definišući su za egzekutivnu funkciju ažuriranja, ali i za egzekutivnu funkciju inhibicije za koju se, takođe, pokazalo da igra ulogu u izvođenju zadataka kognitivne brzine. Suprotno nekim ranijim nalazima (npr. Benedek et al., 2014; Friedman et al., 2006, 2008; Martínez et al., 2011; Oberauer et al., 2008; Wongupparaj et al., 2015), pokazalo se da uspešna kognitivna inhibicija, pored kognitivne brzine, igra značajnu ulogu i u efikasnom procesiranju kompleksnih vizuelnih sadržaja kao i figuralnom rezonovanju, ali i procesiranju jednostavnih verbalnih stimulusa poput onih korišćenih u testu Sinonim-antonim. Naime, dolazak do tačnog rešenja u zadacima fluidnog rezonovanja, kao uostalom i u zadacima vizuelnih sposobnosti i

kognitivne brzine, zahteva uspešno uzdržavanje od dominantnog odgovora na stimulaciju koja samo parcijalno ispunjava zahteve za tačnim odgovorom, te potpomaže fluentnije i efikasnije opiranje salijentnim distraktorima, a u cilju potpunije i preciznije verifikacije svih ponuđenih opcija te omogućava uspešan dolazak do tačnog rešenja.

Nesumnjivo je da zadaci kognitivne inhibicije i testovi brzine kakav je npr. test Sinonima-antonima u izvesnoj meri dele „metodsku varijansu“ budući da su oba testa, u suštini, testovi brzine. Ipak, kako se pokazalo da verbalna mera inhibicije dosledno ostvaruje povezanosti sa testom Sinonima-antonima, ali ne i sa drugim verbalnim brzinskim testom – *GSN*, čini se da se dobijene korelacije ne mogu atribuirati deljenim površinskim svojstvima testova. Naime, verovatnije je da ova povezanost počiva na procesima koji učestvuju u izvedbi testa Sinonim-antonim, ali ne i u testu *GSN*. Drugim rečima, stimulusi-reči u testu Sinonim-antonim su izrazito asocijativno povezane te se od ispitanika traži da u svakom zadatku donese jednu od dve konkurentne odluke. Tako se može pretpostaviti da uspešno izvođenje ovog zadatka podrazumeva efikasno inhibiranje i prevazilaženje dominantnih odgovora kako bi došao do tačnog rešenja za što kraće vreme. Ovi procesi su dodatno potpomognuti sposobnošću konstantnog premeštanja pažnje sa jednog aspekta zadatka na drugi u smislu naizmenične verifikacije sinonimije i antonimije te u izvedbi ovog zadatka značajnu ulogu igra i egzekutivna funkcija premeštanja (indikovano korelacijom sa testom Lokal-global). Iako, se prilikom rada na testu *GSN* pred ispitanika postavlja sličan zahtev – da označi reč sa istim ili najbližijim značenjem, budući da u ovom testu ne postoje dve konkurentne odluke, u njegovoj izvedbi ne očekuje se značajno učešće kognitivne inhibicije, kao ni egzekutivne funkcije premeštanja.

Parcijalne korelacije između zadataka egzekutivne funkcije premeštanja i testova Slagalica, Simbol i Vizuelna potraga ukazuju na ekskluzivno učešće ove egzekutivne funkcije u izvođenju mentalne rotacije složenih geometrijskih oblika tipičnih za test Slagalica kao i efikasnu promenu fokusa pažnje sa jednog, u datom trenutku relevantnog aspekata stimulusa na novi prilikom linijske pretrage smenjajućih figura (kakav je slučaj u testu Vizuelna potraga), odnosno brzu promenu i diferencijaciju između arbitrarno uspostavljenih korespondencija karakterističnih za test Simbol. Sa druge strane, nakon parcijalizacije ažuriranja pokazalo se da sposobnost efikasnog premeštanja pažnje merena zadatkom Broj-slovo stoji u negativnoj korelaciji sa analoškim rezonovanjem. Ovaj nalaz direktno je uporediv sa ranijim studijama u kojima je pokazano da se varijansa specifična

za premeštanje diferencijalno ponaša u odnosu na varijansu zajedničku za sve egzekutivne funkcije pokazujući negativne korelacije sa kompozitnim merama inteligencije (Friedman et al., 2008) i ostvarujući veći broj pozitivnih relacija sa nepovoljnim ponašajnim ishodima (Miyake & Friedman, 2012). Iako priroda različitih relacija sa kriterijumskim merama nije sasvim jasna ove diferencijalne relacije najčešće se objašnjavaju disbalansom između stabilnosti reprezentacija u radnoj memoriji, a koja je tipična za zajedničku varijansu svih egzekutivnih funkcija, nasuprot stepenu u kom irelevantne ciljne reprezentacije nastavljaju da perzistiraju u svesti a koje sumira za premeštanje specifična varijansa (vidi Herd et al., 2014).

Za razliku od nekih ranijih studija koje izveštavaju o povezanosti između kristalizovanih kapaciteta i sposobnosti efikasnog ažuriranja (npr. Friedman et al., 2006) u ovom istraživanju takve relacije nisu zabeležene. Naime, čini se verovatnim da relacije između mera  $Gc$  i ažuriranja u velikoj meri mogu zavistiti od testovnih markera koji se koriste za merenje kristalizovanih sposobnosti. U skladu sa tim može se zaključiti da testovi jednostavne identifikacije značenja reči i znanja iz različitih oblasti kulture ne postavljaju veliko opterećenje na sposobnost ažuriranja informacija u radnoj memoriji te da u većoj meri počivaju na drugim funkcijama, konkretno na sposobnosti efikasnog izvlačenja informacija iz dugoročne memorije.

Kako bi se stekao uvid u relacije između konstrukata koji bi bili oslobođeni specificiteta pojedinačnih testova, modelovanjem strukturalnim jednačinama ispitane su relacije između latentnih faktora kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija. Model merenja (engl. *Measurement model*) specifikovan je kao objedinjeni model strukturalnih relacija između ekstrahovanih faktora kognitivnih sposobnosti (model grupnih faktora) i tri faktora egzekutivnih funkcija. Pokazatelji podesnosti modela prikazani su u Tabeli 37, a grafički prikaz modela dat je na Slici 21<sup>18</sup>.

Model je demonstrirao nešto slabije pokazatelje podesnosti indikovane hi-kvadrat testom, kao i relativnim indeksima fita. Ipak, dobijene vrednosti *RMSEA*, kao i odnos hi-kvadrat statistika i broja stepeni slobode mogu se smatrati prihvatljivim.

---

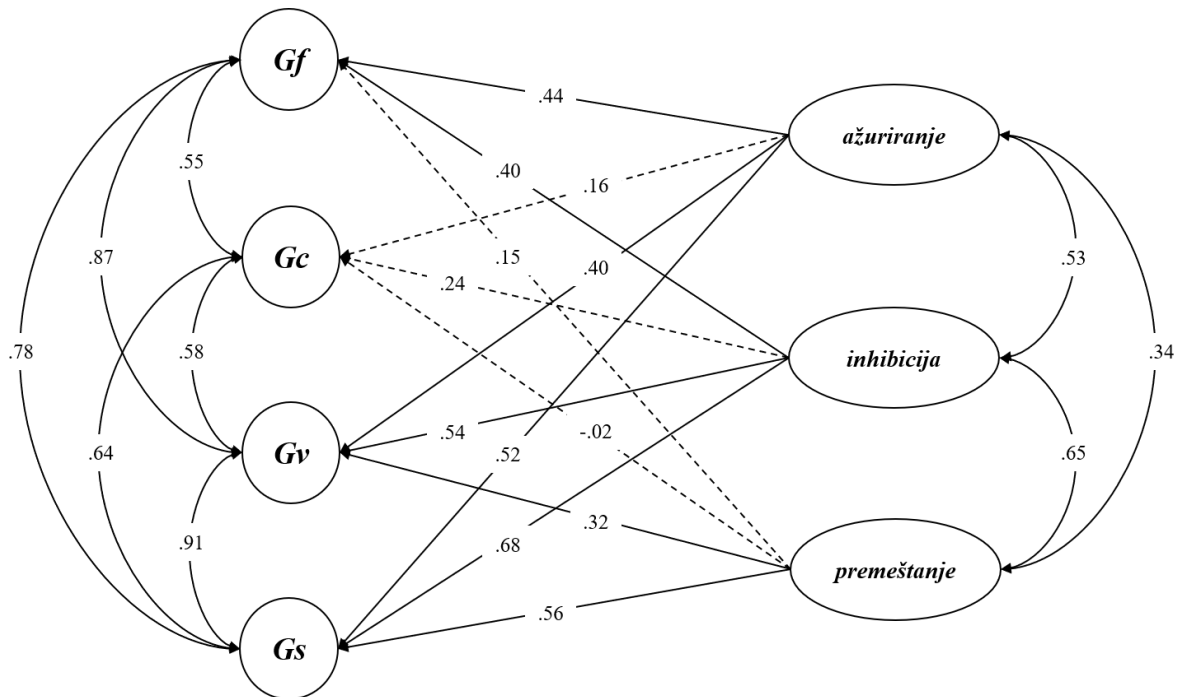
<sup>18</sup> Na slici je prikazan model merenja, ali su zasićenja manifestnih varijabli ekstrahovanim faktorima radi jasnoće prikaza izostavljena.

Tabela 37

*Pokazatelji podesnosti modela strukturalnih relacija između latentnih faktora kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija*

$\chi^2$ (df)	p	$\chi^2/df$	TLI	CFI	RMSEA [90% CI]
176.303 (111)	< .001	1.588	.878	.912	.052 [.037 - .066]

*Napomena.*  $\chi^2$  – hi-kvadrat, *df* – stepeni slobode, *RMSEA* – Root Mean Square Error of Approximation, *TLI* – Tucker-Lewis indeks fita, *CFI* –Comparative fit index; *RMSEA* ≤ 0.06, *CFI* ≥ 0.95, *TLI* ≥ 0.95 (Hu & Bentler, 1999)



*Napomena.* Neznačajne relacije prikazane su isprekidanim linijama

*Slika 21.* Strukturalne relacije između latentnih faktora inteligencije i egzekutivnih funkcija

U skladu sa izvornim korelacijama pokazalo se da fluidne sposobnosti stoje u najbližoj vezi sa egzekutivnom funkcijom ažuriranja, ali i efikasnošću kognitivne inhibicije, dok je dobijeno da egzekutivna funkcija premeštanja nema inkrementalni značaj u pogledu učešća u kapacitetu za fluidno rezonovanje. Sa druge strane pokazalo se da su kristalizovani kapaciteti, znatno slabije determinisani efikasnošću egzekutivnih funkcija. Naime, pokazalo se da jedino latentni faktor ažuriranja ostvaruje relaciju sa faktorom kristalizovanih sposobnosti na nivou trenda ( $p = .068$ ) te da u osnovi ove relacije dominantno figurira varijansa specifična za test verbalnih analogija budući da nijedan od preostalih markera ove sposobnosti ne ostvaruje zapaženije relacije sa markerima ažuriranja. Dodatno, pokazalo se da egzekutivne funkcije inhibicije i premeštanja ne igraju značajniju ulogu u kristalizovanim sposobnostima.



Sa druge strane, sposobnosti u domenu vizuelne percepcije determinisane su svakom od tri egzekutivne funkcije, pri čemu se specifično učešće egzekutivne funkcije inhibicije u efikasnosti manipulacije kompleksnim vizuelnim sadržajima pokazalo nešto većom od učešća preostale dve egzekutivne funkcije. Isti je slučaj sa faktorom kognitivne brzine, pri čemu su ove sposobnosti u neštoj većoj meri determinisane efikasnošću kognitivne inhibicije nego kapacitetom za ažuriranje informacija u radnoj memoriji i efikasnošću premeštanja pažnje.

U celini, čini se da su intenziteti relacija između latentnih faktora egzekutivnih funkcija i različitih širokih faktora sposobnosti u direktnoj funkciji kompleksnosti procesa koje obuhvata dati faktor sposobnosti. Naime, veze naj snažnijeg intenziteta egzekutivne funkcije ostvaruju sa kognitivnom brzinom, zatim procesiranjem vizuelnog materijala, nešto manje sa fluidnim sposobnostima, dok postoji odsustvo veze sa kristalizovanim sposobnostima za koje se može reći da su u najmanjoj meri determinisane bazičnijim mehanizmima kognicije. Drugim rečima, kognitivna brzina, u poređenju sa ostalim faktorima sposobnosti predstavlja najniži oblik intelektualnog funkcionisanja koji obuhvata elementarne procese poput perceptivne brzine, brzine čitanja i pisanja, elementarne pažnje i sl., te počiva na veoma ograničenom setu uskih kognitivnih procesa. Nesumnjivo je da je u slučaju faktora vizuelnih sposobnosti na snazi znatno veći broj procesa rastuće kompleksnosti, a koji potpomažu efikasnu manipulaciju i transformaciju složenog vizuelnog materijala. U slučaju fluidnog rezonovanja, pored prethodno navedenih na snagu stupaju i novi, kompleksniji procesi poput uviđanja relacija, ekstrapolacije, generisanja i verifikacije hipoteza, rezonovanja, i sl. Konačno, uprkos tome što se kristalizovane sposobnosti shvataju kao derivat fluidnih kapaciteta, aspekti ove sposobnosti koji počivaju na poznavanju koncepata kulture čine se, u poređenju sa ostalim sposobnostima, najudaljenijim od bazičnih mehanizama kognicije kakve su egzekutivne funkcije, možda ne toliko u pogledu broja i kompleksnosti uključenih procesa koliko u mogućnosti oslanjanja na širu mrežu procesa i funkcija koji potpomažu skladištenje i izvlačenje uskladištenih informacija iz dugoročne memorije.

#### **2.2.4 Zaključak o operacionalizaciji viših kognitivnih funkcija**

U celini konstruisani testovi kognitivnih sposobnosti i zadaci egzekutivnih funkcija pokazali su adekvatne psihometrijske karakteristike, te ispunili neophodne preduslove za njihovu upotrebu u eksperimentalnom setingu. Dodatno, analiza

međusobnih relacija, kako unutar domena kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija, tako i između ova dva domena, pružila je empirijsku evidenciju koja govori u prilog tome da konstruisani testovi predstavljaju adekvatne operacionalizacije psihometrijskih teorijskih modela viših kognitivnih funkcija. Naime, testovi sposobnosti pokazali su očekivano grupisanje oko četiri latentna faktora sposobnosti pretpostavljena CHC modelom intelekta, dok su zadaci egzekutivnih funkcija demonstrirali adekvatno markiranje odgovarajućih faktora kontrolnih mehanizama kognicije pretpostavljenih trofaktorskim modelom egzekutivnih funkcija. Dodatno, relacije između kognitivnih sposobnosti, sa jedne, i egzekutivnih funkcija, sa druge strane, ukazale su na inherentno učešće kontrolnih mehanizama kognicije u višim kognitivnim procesima na psihometrijskom nivou. Konačno, ova faza studije pokazala je da celokupnu bateriju kognitivnih testova, pored empirijski dokumentovanih psihometrijskih kvaliteta, odlikuje odgovarajuća ekonomičnost koja je čini adekvatnom za primenu u eksperimentalnom setingu.

### **3 NEUROMODULACIJA VIŠIH KOGNITIVNIH FUNKCIJA: EKSPERIMENTALNA FAZA**

#### **3.1 Uvod**

Dosadašnje NI studije i studije lezija relativno dosledno ukazuju na lokalizaciju viših kognitivnih funkcija u prefrontalnim i parijetalnim regijama obe hemisfere. Kako metode neinvazivne neuromodulacije kao što je tDCS omogućavaju izvođenje kauzalnih zaključaka o ulozi ovih regiona u kogniciji višeg reda, poslednjih godina sve je veći broj eksperimentalnih istraživanja koja koriste ove tehnike proveravajući bihevioralne ishode neuromodulacije ciljanih regija. Ipak, kako veliki broj ovih studija ima različita metodološka ograničenja o kojima je već bilo reči i kako su njihovi rezultati više nego nekonkluzivni, u ovom odeljku biće prikazani rezultati obuhvatnog ispitivanja efekata različitih lokalizacija tDCS na široki spektar viših kognitivnih funkcija operacionalizovanih konstruisanim instrumentarijumom, te oslanjajući se na CHC model intelektualnih sposobnosti i trofaktorski model egzekutivnih funkcija. Tako će biti provereni efekti prefrontalne, parijetalne i simultane prefrontalno-parijetalne stimulacije kako leve tako i desne hemisfere na mere kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija u verbalnom i neverbalnom domenu.

#### **3.2 Metod**

##### **3.2.1 Ispitanici**

Za učešće u studiji ukupno je regrutovano 60 mladih desnorukih dobrovoljaca uzrasta od 20 do 35 godina. Najveći broj ispitanika koji su pozvani da učestvuju u studiji činili su studenti osnovnih i postdiplomskih studija psihologije Filozofskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, kao i svršeni studenti psihologije, dok su ostatak uzorka uglavnom činili studenti drugih fakulteta Univerziteta u Beogradu ili pojedinci koji su završili osnovne/postdiplomske studije. Od ukupnog broja regrutovanih ispitanika, 13 ispitanika (8 muškaraca) odbilo je nastavak učešća u ranoj fazi studije, a 4 ispitanika nisu ispunjavala inkluzione kriterijume za primenu tDCS (2 muškarca) te posledično nisu

uključeni u uzorak. Inkluzioni kriterijumi prikazani su u Prilogu F. Tako je u eksperimentalnoj fazi istraživanja učestvovao uzorak od 42 zdrava desnoruka ispitanika uzrasta od 20 do 35 ( $M = 26.60$ ;  $SD = 4.75$ ) godina, od čega 18 ispitanika muškog i 24 ženskog pola. Uključivanje ispitanika u studiju bilo je vođeno standardnim kriterijumima za bezbednu primenu tDCS (Brunoni et al., 2013; Fregni et al., 2016; Nitsche et al., 2003; Nitsche et al., 2008; Poreisz et al., 2007; Utz et al., 2010; Woods et al., 2017). Naime, u studiju nisu uključene osobe koje boluju od epilepsije i/ili imaju istoriju epileptičnih napada u porodici, zatim osobe koje imaju pejsmejkere ili metalne implante, osobe koje su imale hirurške zahvate na mozgu, kao ni osobe koje su pod psihomedikamentnom terapijom ili koje imaju ozbiljnije dermatološke probleme. Svi potencijalni ispitanici su prilikom prijave za učestvovanje u istraživanju bili informisani o svrsi studije, odgovorili na pitanja u okviru inkluzionog obrasca i potpisali informisani pristanak. Dodatno, svi ispitanici su pre uključivanja u eksperimentalni deo studije rešavali bateriju testova sposobnosti, koju su činili validacioni testovi iz prethodne faze studije (*RM*, *IT2*, *GSN*, i *ITI*), a kako bi se izvršilo ujednačavanje grupa spram kognitivnih sposobnosti. Učestvovanje u istraživanju je bilo dobrovoljno i bez novčane nadoknade. Studija je odobrena od strane etičkog odbora Instituta za medicinska istraživanja (br. EO115/2016) i sporovedna je u skladu sa Helsinškom deklaracijom Svetske zdravstvene asocijacije.

### **3.2.2 Eksperimentalni dizajn**

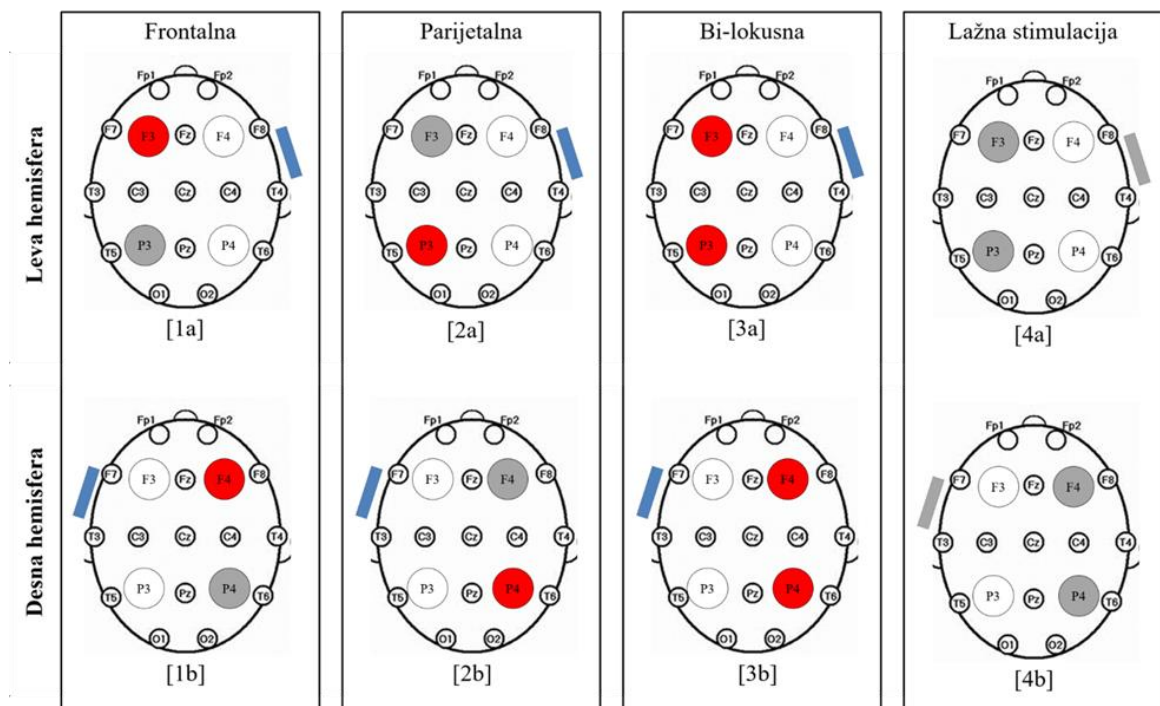
Istraživanje je organizovano kao eksperiment sa dve paralelne grupe u okviru kojih je primenjen ponovljeni ukršteni (engl. *cross-over*) dizajn. Naime, dve grupe od po 21 ispitanika su formirane tako što su ispitanici ujednačeni prema postignuću na četiri testa intelektualnih sposobnosti koje su popunjavali prilikom regrutacije za učestvovanje u istraživanju. Ujednačavanje grupa po postignuću izvršeno je tako što je za svakog ispitanika pronađen parnjak sličnog postignuća, ili slične konfiguracije postignuća na testovima nakon čega su ispitanici svrstani u različite grupe. Dodatno, prilikom svrstavanja ispitanika u grupe vođeno je računa o tome da se one ne razlikuju u pogledu uzrasta, kako u celini, tako ni unutar polova. Na taj način formirane su dve paralelne grupe, grupu kojoj će biti stimulisana leva hemisfera i grupu kojoj će biti stimulisana desna hemisfera. Svaki ispitanik je prošao kroz četiri eksperimentalne sesije čiji je redosled bio kontrabalansiran: 1) stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa

(DLPFC), 2) stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa (PPC), 3) simultana (bi-lokusna) stimulacija DLPFC i PPC (BL), i 4) lažna stimulacija (Sham).

### 3.2.3 tDCS

#### 3.2.3.1 Pozicioniranje elektroda

U svakoj eksperimentalnoj situaciji ispitanicima su postavljene tri elektrode. Pozicije elektroda u svakoj od eksperimentalnih situacija prikazane su na Slici 22. Elektrode u prvoj grupi (leva hemisfera) postavljene su iznad pozicija F3 i P3 prema Međunarodnom 10-20 EEG sistemu, odnosno iznad pozicija F4 i P4 u drugoj grupi (desna hemisfera). Postavljanje elektroda iznad pozicija F3, F4, P3 i P4 često su korišćene u ranijim istraživanjima koja su imala za cilj proveru efekata modulacije DLPFC-a, odnosno PPC.



*Legenda.* Na slici (1a – 4a) prikazane su pozicije elektroda u grupi kojoj je stimulisana leva, a na slici (1b – 4b) pozicije elektroda u grupi kojoj je stimulisana desna hemisfera. Crvenom bojom označene su aktivne anodne elektrode, plavom bojom označene su referentne/povratne elektrode, a sivom bojom označene su neaktivne elektrode

*Slika 22.* Pozicije elektroda u četiri eksperimentalne situacije

U svim eksperimentalnim situacijama referentna, odnosno povratna elektroda, pozicionirana je na kontralateralni obraz, kako bi se izbegli konfundirajući efekti stimulacije tj. potencijalni inhibitorski efekat na moždane strukture ispod elektrode koja nije od interesa (Nasseri et al., 2015). Kako bi se za zadate parametre stimulacije napravila

estimacija distribucije električnog polja koje će stimulacijom biti generisano, te i lokusa koji će biti najosetljivije pogođeni stimulacijom, sprovedeno je modeliranje softverom Comets (**com**putation of **elec**tric fields due to **trans**cranial current **stim**ulation) (Jung, Kim, & Im, 2013). U Prilogu G nalazi se grafički prikaz lokusa koji će biti pogođeni stimulacijom. Ovi lokusi odgovaraju lokalizaciji funkcija od interesa za ovo istraživanje.

### 3.2.3.2 *Aparatura*

Opremu korišćenu u eksperimentu činili su aparat za aplikaciju tDCS (Stimsola, BIOPAC Systems, Inc, USA), koji je bio povezan sa razvodnom kutijom i tri elektrode (dve aktivne i jedna referentna). Stimulator je kontrolisan pomoću “CED 1401 Plus” korišćenjem “CED Signal” softvera (Cambridge Electronic Design, Cambridge, UK), putem koga su pokretani odgovarajući protokoli aktivne odnosno lažne stimulacije. Pritiskom na odgovarajući taster na razvodnoj kutiji eksperimentator je mogao da odredi da li će u datom protokolu biti aktivna jedna ili dve anode, na taj način aplicirajući mono- ili bi-lokusnu stimulaciju.

### 3.2.3.3 *Parametri tDCS*

Veličina elektroda od interesa kao i referentne elektrode iznosila je 5x5cm (25cm<sup>2</sup>). Elektrode su postavljene u sunderaste kesice prethodno natopljene fiziološkim rastvorom i pozicionirane na glavu. Intenzitet struje pojedinačne elektrode prilikom stimulacije samo jednog lokusa iznosio je 1.8 mA, dok je jačina struje prilikom simultane stimulacije dva lokusa iznosila 0.9 mA, dakle sumarno 1.8 mA, što je u skladu sa prepručenim intenzitetom, tj. manje od 2 mA<sup>19</sup> (Brunoni et al., 2013; Nitsche et al., 2003; Nitsche et al., 2008; Utz et al., 2010). Drugim rečima, gustina struje<sup>20</sup> u situaciji stimulacije jednog lokusa iznosila je 0.072 mA/cm<sup>2</sup> što je u skladu sa sigurnosnim preporukama (Brunoni et al., 2013; Nitsche et al., 2003; Nitsche et al., 2008; Utz et al., 2010). U situaciji simultane stimulacije gustina struje je iznosila 0.036 mA/cm<sup>2</sup> po lokusu, odnosno 0.072 mA/cm<sup>2</sup> na referentnoj elektrodi. Trajanje stimulacije ograničeno je na 20 minuta u svim eksperimentalnim situacijama, s tim što je u situaciji lažne stimulacije struja aplikovana samo prvih i poslednjih 30 sekundi sa postepenim podizanjem

---

<sup>19</sup> Intenzitet stimulacije na anodama određen je tako da intenzitet struje na referentnoj elektrodi (zajedničkoj za obe aktivne elektrode) ne prelazi preporučenu gornju granicu.

<sup>20</sup> Gustina struje računa se kao količnik intenziteta struje (mA) i površine elektrode (cm<sup>2</sup>), te predstavlja količinu struje po jedinici površine na koju se aplicira.

intenziteta do 1.8 mA, a zatim postepenim spuštanjem do 0 mA). Shematski prikazi protokola aktivne i lažne stimulacije prikazani su u Prilogu H.

### **3.2.3.4 Indikatori praćenja nuspojava i senzacija tokom i nakon tretmana**

U cilju praćenja nusfekata neuromodulacije od ispitanika su u okviru svake od eksperimentalnih situacija prikupljeni samoizveštaji o senzacijama, kao i različitim psihofizičkim simptomima koji potencijalno mogu biti indukovani tDCS-om. Tako su ispitanici popunjavali kratak upitnik koji se odnosi na stepen prisustva 14 različitih simptoma (Prilog I), gde je njihov zadatak bio je da upisivanjem odgovarajućeg broja (1 – uopšte nije prisutno do 10 - intenzivno) izveste o prisustvu i intenzitetu svakog od simptoma, kako neposredno pre, tako i neposredno nakon eksperimentalnog tretmana. Pored toga, tokom svakog tretmana ispitanici su zamoljeni da na svakih pet minuta na desetostepenoj skali (1 – uopšte nije neprijatno do 10 – izrazito neprijatno) izveste o stepenu nelagodnosti koji u datom trenutku osećaju.

### **3.2.4 Kognitivni zadaci**

Ispitanici su ukupno rešavali 14 kratkih, prethodno konstruisanih i validiranih kognitivnih testova/zadataka. Polovina zadataka/testova bila je u neverbalnom, a druga polovina u verbalnom domenu. Tako su ispitanicima zadata po dva testa za svaki od četiri široka faktora intelektualnih sposobnosti (*Gf*, *Gc*, *Gv*, *Gs*) i po dva testa egzekutivnih funkcija ažuriranja, inhibicije i premeštanja. U svakoj eksperimentalnoj sesiji ispitanicima je zadata jedna od četiri paralelne forme koje su konstruisane sa ciljem minimizovanja pozitivnog transfera između sesija<sup>21</sup>.

#### **3.2.4.1 Mere fluidnih sposobnosti**

Mere fluidne inteligencije prikupljene su uz pomoć dva konstruisana testa fluidnih sposobnosti – test *Matrica* i test *Fluidnih analogija*. U testu *Matrica* ispitanicima se prezentuju matrice ili nizovi figuralnih elemenata sa jednim nedostajućim poljem, a njihov zadatak je da među šest ponuđenih odgovora pronađu onaj element koji na najbolji način upotpunjuje matricu. Test se sastoji od 16 ajtema, a vremensko ograničenje iznosi 5 minuta. U testu *Fluidnih analogija* zadatak ispitanika je da, za svaku od zadatih relacija

---

<sup>21</sup> Za detaljan opis svih testova i zadataka vidi odeljak Razvoj i evaluacija baterije za procenu viših kognitivnih funkcija: psihometrijska faza.

između dva pojma, među pet ponuđenih parova pojmova odabere onaj kod kog je relacija između prvog i drugog pojma u paru istovetna kao u zadatoj relaciji. Test se sastoji od 31 ajtema, a vremensko ograničenje je podešeno na 5 minuta.

#### **3.2.4.2 *Mere kristalizovanih sposobnosti***

Za procenu kristalizovanih sposobnosti korišćena su dva verbalna testa: test *Sinonima-antonima* i test *Kristalizovanih asocijacija*. U testu *Sinonima-antonima* zadatak ispitanika je da za svaki od zadatih parova reči označi da li je u pitanju par reči sa istim (npr. nadmen – uobražen), ili suprotnim značenjem (npr. živ – mrtav). Svaka forma sastoji se od 54 parova reči, a vremensko ograničenje za rešavanje ovog testa iznosi 60 sekundi. U testu *Kristalizovanih asocijacija* zadatak ispitanika je da među pet prezentovanih pojmova odabere onaj koji ne pripada datom skupu (da izbaciti “uljeza”), pri čemu se asocijacije između pojmova zasnivaju na relativno jednostavnim kristalizovanim znanjima (npr. protestant – arapin – budista – katolik - hindu). Test se sastoji od 32 stavke, a vremensko ograničenje iznosi 4 minuta.

#### **3.2.4.3 *Mere vizuelnih sposobnosti***

Vizuelne sposobnosti procenjene su uz pomoć dva neverbalna testa, testom *Mozaik* i testom *Slagalice*. U testu *Mozaik* ispitaniku se prezentuje stimulus meta (1-3 kvadrata sa određenom konfiguracijom šara), a njegov zadatak je da među šest ponuđenih opcija pronađe onu figuru-mozaik koja može biti sačinjena korišćenjem svih zadatih figura meta. U testu *Slagalice* ispitaniku se izlažu slike slagalice različite kompleksnosti na kojima nedostaje jedan element koji može kompletirati slagalicu, a njihov zadatak je da među šest ponuđenih elemenata rotiranih u prostoru pronađu onaj koji može kompletirati slagalicu na adekvatan način. Test slagalice sastoji se od 36, a Mozaik od 35 ajtema, a vreme koje je na raspolaganju ispitanicima za rešavanje ovih testova iznosi 7 minuta.

#### **3.2.4.4 *Mere kognitivne brzine***

Mere faktora kognitivne brzine prikupljene su testovima *Vizuelna potraga* (neverbalni domen) i *Simbol* (verbalni domen). U testu *Simbol* ispitanicima se daje “šifarnik” u kom je uz svako od slova latiničnog alfabeta dat korespondentni arbitrarni simbol. Zadatak ispitanika je da za ograničeno vreme na listi simbola koristeći “šifarnik”



što brže ispod svakog upiše korespondentno slovo. U testu *Vizuelna potraga* zadatak ispitanika je da na listi od nekoliko desetina figura koje variraju po obliku i boji, linijskom pretragom što brže pronade i označi zadate figure mete. Vremensko ograničenje za oba testa iznosi 60 sekundi.

#### **3.2.4.5 Mere egzekutivne funkcije ažuriranja**

Egzekutivna funkcija ažuriranja procenjena je uz pomoć verbalnog i spacijalnog 3–unazad zadatka. U ovim zadacima ispitanicima se prikazuju sekvence stimulusa na ekranu i njihov zadatak je da pritiskom na taster daju odgovor kada ustanove da im je stimulus koji je trenutno prikazan na ekranu identičan onom koji im je bio prikazan u *trećoj* prezentaciji pre toga. U verbalnom zadatku stimuluse su činila slova, dok su u spacijalnom zadatku stimulusi sekvencijalno prikazivani u matrici 3x3, a zadatak ispitanika je da pritiskom na taster odgovori da li je pozicija prikazanog stimulusa u matrici 3x3 identična onoj prikazanoj u *trećoj* prezentaciji pre trenutne. Redosled izlaganja stimulusa za svaku od formi je prerandomizovan, te je bio isti za sve ispitanike.

#### **3.2.4.6 Mere egzekutivne funkcije inhibicije**

Egzekutivna funkcija inhibicije merena je verbalnim i neverbalnim Strupovim zadatkom. U *verbalnom Strupovom zadatku* ispitaniku se prezentuje lista stimulusa, u kongruentnom obliku (npr. reč crvena ispisana crvenim slovima), neutralnom obliku (niz zvezdica ispisani datom bojom) i nekongruentnom obliku (npr. reč crvena ispisana žutim slovima), a zadatak ispitanika jeste da pritiskom na odgovarajući taster signalizira boju kojom su reči i nizovi simbola ispisani. Mera inhibicije računa se kao diferencijalno vreme izvedbe između neutralnih i nekongruentnih situacija. U *neverbalnom Strupovom zadatku* ispitanicima se prezentuju reči koje označavaju pozicije (gore, dole, levo, desno), na kongruentnim i nekongruentnim pozicijama na ekranu, a njihov zadatak je da pritiskom na odgovarajući taster odgovore na poziciju koja im je verbalno prezentovana inhibirajući neverbalnu oznaku pozicije. Skor se računa kao diferencijalno vreme reakcije na kongruentne i nekongruentne suprotne stimuluse (npr. reč dole prikazana u vrhu ekrana).

### 3.2.4.7 *Mere egzekutivne funkcije premeštanja*

Egzekutivna funkcija premeštanja procenjena je neverbalnim zadatkom Lokal-global i verbalnim broj-slovo. U zadatku *Lokal-global* ispitaniku se prikazuju Navonove figure kod kojih je kontura veće, globalne figure (trougao, kvadrat, iks, krug) ocrтана manjim, lokalnim figurama (trougao, kvadrat, iks, krug). Zadatak se sastoji od tri bloka. U prvom bloku ispitanici pritiskom na taster odgovaraju na pitanje od koliko linija se sastoji velika figura. Sve figure u ovom bloku prikazane su u crnoj boji. U drugom bloku, ispitanici odgovaraju od koliko linija se sastoji mala figura, pri čemu su stimulusi prikazani u crvenoj boji. U trećem, kritičnom bloku ispitanicima se naizmenično izlažu crne i crvene figure, a njihov zadatak je da daju odgovor na pitanje o broju linija od kojih se sastoji mala ili velika figura, a marker traženog odgovora (broj linija malih ili velikih figura) je boja figure (crna – globalne karakteristike; crvena – lokalne karakteristike). Usporenje u vremenu reakcije u trećem bloku u odnosu na prosek prva dva bloka predstavlja trošak premeštanja. Zadatak *Broj-slovo* ima sličnu formu kao prethodno opisani zadatak. Ispitanicima se u tri bloka izlažu parovi slova i brojeva. U prvom bloku ispitanici odgovaraju da li je prikazani broj paran ili neparan, u drugom bloku da li je slovo vokal ili konsonant, dok se u trećem bloku traženi odgovori kombinuju u zavisnosti od toga da li je par slovo-broj prikazan u donjoj ili gornjoj polovini ekrana. Ukoliko je par prikazan u gornjoj polovini ekrana ispitanik treba da reaguje na broj, dok ukoliko je par prikazan u donjoj polovini ekrana treba reagovati na slovo. Trošak premeštanja računa se na isti način kao u prethodnom zadatku.

### 3.2.5 **Procedura**

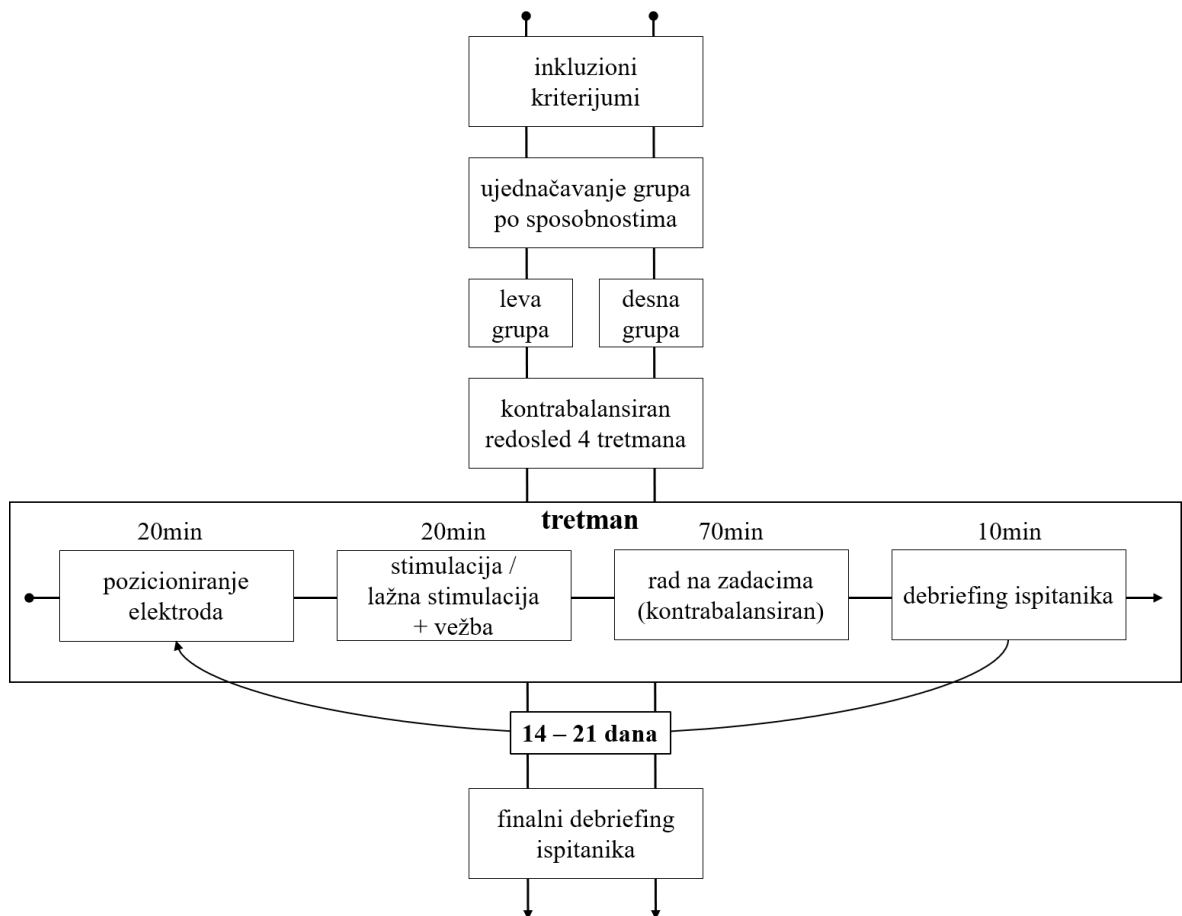
Po prijavljivanju za učešće u istraživanju, nakon preliminarne selekcije spram inkluzionih kriterijuma, ispitanici su pristupali rešavanju četiri testa intelektualnih sposobnosti. U skladu sa postignućem ispitanici su raspoređeni u grupu kojoj će biti stimulisana leva i grupu kojoj će biti stimulisana desna hemisfera tako da se dve grupe, u proseku ne razlikuju u pogledu kognitivnih sposobnosti. Dodatno, grupe su ujednačene spram uzrasta ispitanika, kao i proporciji muškaraca i žena. Raspored četiri eksperimentalne situacije kontrabalansiran je u obe grupe. Svaka od eksperimentalnih sesija trajala je u proseku oko 120 minuta<sup>22</sup>, a pojedinačne sesije su, u proseku, bile

---

<sup>22</sup> Oko 20 minuta za postavljanje i ukljanje elektroda, i popunjavanje upitnika, 20 minuta trajanja stimulacije, oko 70 minuta rada na testovima i 10 minuta za debriefing ispitanika

vremenski razdvojene između 14 i 21 dana ( $M = 17.46$ ;  $SD = 1.56$ ). Po svakom dolasku na eksperimentalnu sesiju ispitanici su najpre upitani da na kratkoj listi izveste o trenutnom stepenu prisustva svakog od simptoma koji se nekada mogu javiti nakon stimulacije (pretest). Nakon toga, prilikom svake sesije ispitanicima su na alkoholom očišćena mesta na glavi postavljene tri elektrode u skladu sa 10-20 Međunarodnim EEG sistemom (na pozicije F3, P3 i kontralateralni obraz, odnosno na F4, P4 i kontralateralni obraz). Po postavljanju elektroda, ispitanici su podvrgnuti tretmanu, tj. odgovarajućoj mono-lokusnoj, bi-lokusnoj, ili lažnoj stimulaciji. Za vreme eksperimentalnog tretmana ispitanici su se upoznavali sa zadacima koje će raditi nakon stimulacije, tj. prolazili su kroz odeljke za vežbu zadataka egzekutivnih funkcija i kognitivnih sposobnosti. Ovo je učinjeno jer su neke od ranijih studija pokazale da kognitivni angažman tokom stimulacije facilitira efekte tDCS u *off-line* fazi (npr. Andrews et al., 2011). Dodatno, zadavanje vežbe tokom tretmana omogućilo je prijatnu distrakciju od senzacija tokom stimulacije kao i vremensku uštedu u administraciji zadataka nakon tretmana. Prilikom svake sesije, tokom samog tretmana ispitanici su na desetostepenoj skali izveštavali o stepenu nelagodnosti koji u datom trenutku osećaju. Neposredno nakon dvadesetominutnog tretmana, dakle u *off-line* fazi, ispitanici bi, nakon što drugi put popune upitnik o psihofizičkim simptomima koje su potencijalno mogli imati nakon stimulacije (posttest), pristupali radu na testovima/zadacima. S obzirom na to da efekti stimulacije od 10-15 minuta traju bar oko sat vremena, testiranje je podešeno tako da približno traje upravo ovaj vremenski period. Međutim, kako ne postoji jasna empirijska evidencija o tempu opadanja efekata stimulacije redosled testova/zadataka koje su ispitanici radili podeljen je u dva bloka koji su kontrabalansirani kroz tretmane i ispitanike. Naime, zadaci su podeljeni na blok koji se sastojao od testova kognitivnih sposobnosti približnog trajanja oko 30 minuta i blok koji se sastojao od zadataka egzekutivnih funkcija približnog trajanja oko 40 minuta. Dakle svaki ispitanik je dva puta prvo radio testove kognitivnih sposobnosti, pa zadatke egzekutivnih funkcija, dok je dva puta redosled bio obrnut, pri čemu se poredak blokova naizmenično smenjivao kroz sesije, a na nivou ispitanika redosled je bio ukršten sa tipom tretmana. Unutar oba bloka testovi/zadaci su kontrabalansirani pri čemu je vođeno računa o tome da se u svakom od njih verbalni i neverbalni testovi administriraju naizmenično. Testovi kognitivne brzine su popunjavani u papir-olovka formatu, i iz praktičnih razloga uvek su zadavani između dva bloka i to redosledom koji je, takođe, bio kontrabalansiran kroz tretmane i ispitanike. Ovakvom administracijom instrumenata potencijalne promene učinka u testovima/zadacima koje bi

se mogle pripisati efektu redosleda testova, odnosno slabljenju naknadnih efekata stimulacije podjednako su raspoređene po testovima, te metodološki kontrolisane. Shematski prikaz procedure dat je na Slici 23.



Slika 23. Shematski prikaz procedure

U cilju sticanja uvida u mogućnost razlikovanja lažne od prave stimulacije, te adekvatnosti sprovedene placebo-kontole, svi ispitanici su po završetku učesća u istraživanju, tj. nakon četvrte eksperimentalne sesije biti zamoljeni da pokušaju retrospektivno da prepoznaju sesiju u kojoj nisu bili izloženi pravoj stimulaciji.

### 3.3 Rezultati

U ovom delu biće izloženi rezultati eksperimentalne faze istraživanja. Prvo će biti prezentovani relevantni podaci koji se tiču uzorka, odnosno ujednačavanja eksperimentalnih grupa, zatim senzacija tokom i nakon tretmana kao i evaluacija neprepoznatljivosti sham protokola. Zatim će biti prikazani deskriptivni statistici svih kognitivnih mera za obe eksperimentalne grupe, kao i evaluacija potencijalnih

konfundirajućih faktora kao što su forma testova/zadataka i stepen uvežbavanja kroz sesije. Nakon toga, uslediće analize efekata tDCS spram lokusa stimulacije na svaki od testova/zadataka, kao i detaljna analiza efekata stimulacije leve odnosno desne hemisfere, kao i anteriornih odnosno posteriornih lokusa. Konačno biće proverena generalnost odnosno specifičnost efekata neuromodulacije te prikazani rezultati analiza koje omogućavaju izvođenje zaključaka o učešću egzekutivnih funkcija u kogniciji višeg reda.

### **3.3.1 Opis uzorka**

U Tabelama 38 i 39 nalaze se deskriptivne statističke mere za uzrast i selekzione testove kognitivnih sposobnosti prikazane po polu i eksperimentalnim grupama, kao i za celokupan uzorak. Kao što se može videti eksperimentalne grupe su ujednačene u pogledu uzrasta i postignuća na kognitivnim testovima. Grupe su, takođe, ujednačene u pogledu pomenutih varijabli kako unutar (Tabela 38) tako i između polova [uzrast:  $t(29.70) = 1.352, p = .186$ ;  $RM: t(40) = 0.634, p = .530$ ;  $GSN: t(40) = 0.499, p = .621$ ;  $IT2: t(40) = 0.308, p = .760$ ;  $IT1: t(40) = 0.083, p = .934$ ].

Tabela 38

Deskriptivne statističke mere za uzrast i selekzione testove po polovima i eksperimentalnim grupama, sa testovima razlika između grupa unutar polova

mere	Leva hemisfera				Desna hemisfera				ukupno				t (df)	p
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max		
uzrast	28.11	6.05	20	35	27.44	5.22	20	35	27.78	5.49	20	35	0.250 (16)	.806
RM	15.22	2.17	12	18	15.00	2.12	11	17	15.11	2.08	11	18	0.220 (16)	.829
M GSN	30.67	6.36	21	38	28.56	4.61	20	34	29.61	5.50	20	38	0.806 (16)	.432
IT2	28.78	6.08	20	37	28.00	7.25	14	38	28.39	6.60	14	38	0.247 (16)	.808
IT1	35.22	1.92	31	37	34.67	2.65	30	38	34.94	2.26	30	38	0.510 (16)	.617
uzrast	25.75	3.62	21	32	25.67	4.50	21	33	25.71	3.99	21	33	0.050 (22)	.961
RM	15.50	2.32	10	18	15.58	2.28	12	18	15.54	2.25	10	18	0.089 (22)	.930
Ž GSN	30.67	5.30	22	37	30.17	4.76	21	36	30.42	4.93	21	37	0.243 (22)	.810
IT2	29.00	4.95	21	38	28.83	4.49	20	34	28.92	4.62	20	38	0.086 (22)	.932
IT1	35.17	3.27	29	39	34.58	2.71	31	38	34.88	2.95	29	39	0.476 (22)	.639

Napomena. M – muškarci; Ž – žene; RM – Kratka forma Ravenovih matrica; GSN – Test sinonima; IT2 – Test spacijalnih sposobnosti; IT1 – Test identičnih figura; M – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Min – minimalni skor; Max – maksimalni skor; t (df) – t-test sa pripadajućim stepenima slobode

Tabela 39

Deskriptivne statističke mere za uzrast i selekzione testove za dve eksperimentalne grupe sa testovima razlika između grupa za svaku od mera

mere	Leva hemisfera				Desna hemisfera				ukupno				α	t	p
	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max	M	SD	Min	Max			
uzrast	26.76	4.83	20	35	26.43	4.78	20	35	26.60	4.75	20	35	/	0.225	.823
RM	15.38	2.20	10	18	15.33	2.18	11	18	15.36	2.16	10	18	.665	0.070	.944
GSN	30.67	5.62	21	38	29.48	4.65	20	36	30.07	5.13	20	38	.869	0.747	.459
IT2	28.90	5.32	20	38	28.48	5.68	14	38	28.69	5.44	14	38	.833	0.252	.802
IT1	35.19	2.71	29	39	34.62	2.62	30	38	34.90	2.65	29	39	.576	0.695	.491

Napomena. RM – Kratka forma Ravenovih matrica; GSN – Test sinonima; IT2 – Test spacijalnih sposobnosti; IT1 – Test identičnih figura; M – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Min – minimalni skor; Max – maksimalni skor; t (df) – t-test sa pripadajućim stepenima slobode; df = 40

### **3.3.2 Senzacije tokom i nakon tretmana**

Tokom svakog od četiri eksperimentalna tretmana ispitanici su na svakih 5 minuta, na skali od 1 do 10 izveštavali o stepenu neprijatnosti koji u datom trenutku osećaju. Prosečne vrednosti sa merama raspršenja za doživljaj neprijatnosti, prikazane su odvojeno po pojedinačnim tretmanima i eksperimentalnim grupama, kao i agregirane kroz vremenske tačke i tretmane (Tabela 40).

Tabela 40

*Stepen neprijatnosti tokom tretmana*

grupa	tretman	nakon 5 min				nakon 10 min				nakon 15 min				nakon 20 min				ukupno			
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<i>Leva grupa</i>	<i>DLPFC</i>	2.48	1.03	1	5	1.91	1.09	1	5	1.71	1.35	1	7	1.71	1.35	1	7	1.95	1.02	1.00	5.50
	<i>PPC</i>	2.33	1.32	1	6	2.00	1.55	1	6	2.00	1.38	1	6	1.95	1.66	1	7	2.07	1.37	1.00	5.50
	<i>BL</i>	2.33	0.91	1	4	2.14	0.96	1	5	2.10	1.14	1	4	2.10	1.51	1	6	2.17	0.90	1.00	4.00
	<i>Lažna stimulacija</i>	1.29	0.56	1	3	1.43	0.75	1	3	1.43	0.93	1	4	2.81	1.69	1	8	1.74	0.80	1.00	3.50
<i>Desna grupa</i>	<i>DLPFC</i>	2.71	1.52	1	6	1.67	0.73	1	3	1.52	0.75	1	3	1.29	0.46	1	2	1.80	0.72	1.00	3.00
	<i>PPC</i>	2.29	1.49	1	7	1.71	1.23	1	6	1.76	1.58	1	8	1.57	0.87	1	4	1.83	1.20	1.00	6.25
	<i>BL</i>	2.67	1.85	1	8	1.76	0.83	1	4	1.48	0.75	1	4	1.33	0.58	1	3	1.81	0.94	1.00	4.75
	<i>Lažna stimulacija</i>	1.86	1.42	1	7	1.24	0.44	1	2	1.19	0.51	1	3	2.91	2.19	1	9	1.80	0.88	1.00	4.50
<i>ukupno</i>	<i>DLPFC</i>	2.60	1.29	1	6	1.79	0.92	1	5	1.62	1.08	1	7	1.50	1.02	1	7	1.88	0.88	1.00	5.50
	<i>PPC</i>	2.31	1.39	1	7	1.86	1.39	1	6	1.88	1.47	1	8	1.76	1.32	1	7	1.95	1.28	1.00	6.25
	<i>BL</i>	2.50	1.45	1	8	1.95	0.91	1	5	1.79	1.00	1	4	1.71	1.20	1	6	1.99	0.92	1.00	4.75
	<i>Lažna stimulacija</i>	1.57	1.11	1	7	1.33	0.61	1	3	1.31	0.75	1	4	2.86	1.93	1	9	1.77	0.83	1.00	4.50

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *DLPFC* – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; *PPC* – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; *BL* – bi-lokusna stimulacija *DLPFC* i *PPC*



Pregledom Tabele 40 može se uočiti da su ispitanici, u proseku izveštavali o prilično niskom stepenu neprijatnosti, pri čemu treba imati na umu da su individualne razlike i u pogledu senzitivnosti ispitanika relativno velike. Uopšteno, anodna stimulacija bilo prefrontalnih bilo posteriornih lokusa izazvala je veći intenzitet senzacija na početku stimulacije dok je pri lažnoj stimulaciji neprijatnost bila najizraženija na samom kraju. Detaljna analiza efekata TIPA STIMULACIJE (DLPFC, PPC, BL, lažna stimulacija) i GRUPE (leva – desna hemisfera) data je u Prilogu J. U celini, na nivou uprosečenih mera neprijatnosti za svaku od eksperimentalnih sesija, zabeleženo je odsustvo grupnih razlika [ $F(1,40) = 0.455, p = .504, \eta_p^2 = .011$ ], glavnog efekta TIPA STIMULACIJE [ $F(2.44,97.76) = 0.964, p = .399, \eta_p^2 = .024$ ], kao i odsustvo interakcije GRUPE  $\times$  TIP STIMULACIJE [ $F(2.44,97.76) = 0.782, p = .483, \eta_p^2 = .019$ ], pri čemu se pokazalo da ne postoje značajne razlike u nivou neprijatnih senzacija ni za jedan od pojedinačnih eksperimentalnih tretmana. Najizraženija razlika u intenzitetu neprijatnosti zabeležena je na nivou trenda između lažne i bi-lokusne stimulacije u prilog druge ( $p < .094$ ).

Prosečne vrednosti i mere raspršenja 14 selektovanih simptoma koji se potencijalno mogu javiti tokom i nakon tDCS prikazane su po eksperimentalnim tretmanima u Tabeli 41. Kao što se može videti, prisustvo datih simptoma, kako pre, tako i nakon stimulacije je veoma malo zastupljeno. Posmatrano po pojedinačnim simptomima nisu dobijeni efekti TIPA STIMULACIJE (DLPFC, PPC, BL, lažna stimulacija), GRUPE (leva – desna hemisfera), ni za jedan od simptoma izuzev senzacije peckanja (za detaljnu analizu vidi Prilog J). Tako je zabeležen glavni efekat TIPA STIMULACIJE na subjektivni doživljaj peckanja nakon tretmana ( $F(3,120) = 3.341, p = .022, \eta_p^2 = .077$ ), pri čemu je ova senzacija bila izraženija u slučaju lažne stimulacije nego DLPFC ( $p = .033$ ) i PPC stimulacije ( $p = .006$ ). Drugim rečima, može se zaključiti da tDCS tretman ima minimalne neželjene efekte, kao i da ukoliko oni postoje predstavljaju blage kutane senzacije koje se javljaju, kako pri aktivnoj, tako i pri lažnoj stimulaciji.

Tabela 41

*Stepen prisustva simptomima pre i nakon stimulacije za svaki od tretmana*

simptomi	DLPFC					PPC					BL					Lažna stimulacija				
	pre-test		post-test		t	pre-test		post-test		t	pre-test		post-test		t	pre-test		post-test		t
	M	SD	M	SD		M	SD	M	SD		M	SD	M	SD		M	SD	M	SD	
Glavobolja	1.21	0.52	1.26	0.59	0.703	1.55	1.19	1.36	0.82	1.747	1.33	0.87	1.21	0.65	0.961	1.55	1.06	1.50	1.02	0.443
Bol u vratu	1.21	0.47	1.17	0.44	1.000	1.43	1.11	1.38	0.94	0.813	1.17	0.54	1.14	0.35	0.443	1.29	1.02	1.26	0.99	1.000
Bol u leđima	1.50	0.83	1.36	0.62	2.218*	1.45	0.99	1.43	0.97	0.573	1.26	0.70	1.24	0.62	0.573	1.55	1.04	1.50	1.04	0.813
Zamagljen vid	1.21	0.72	1.31	0.78	1.432	1.10	0.30	1.21	0.52	1.704	1.19	0.45	1.24	0.62	0.573	1.31	0.87	1.26	0.70	0.495
Iritacija poglavine	1.07	0.46	1.29	0.77	1.851	1.05	0.22	1.33	0.93	1.961	1.07	0.34	1.43	0.99	2.555*	1.05	0.22	1.26	0.73	2.036*
Peckanje	1.00	0.00	1.43	0.89	3.130**	1.00	0.00	1.41	0.66	3.946**	1.02	0.15	1.52	0.94	3.434**	1.00	0.00	1.76	0.96	5.155**
Svrab	1.10	0.30	1.64	1.46	2.364*	1.02	0.15	1.67	1.44	2.850**	1.07	0.34	1.55	0.99	3.272**	1.12	0.40	1.74	1.13	3.877**
Ubrzan rad srca	1.31	0.68	1.10	0.30	2.460*	1.24	0.58	1.10	0.37	1.961	1.26	0.59	1.24	0.73	0.255	1.38	0.91	1.07	0.26	2.308*
Osećaj pečenja	1.00	0.00	1.07	0.34	1.355	1.00	0.00	1.07	0.34	1.355	1.00	0.00	1.21	0.56	2.460*	1.00	0.00	1.31	0.64	3.117**
Naleti vrućine	1.24	0.62	1.14	0.52	0.781	1.31	1.14	1.17	0.58	1.289	1.45	0.89	1.14	0.42	2.680**	1.38	0.94	1.19	0.55	2.077*
Vrtoglavica	1.14	0.35	1.24	0.73	1.159	1.24	0.62	1.14	0.35	1.432	1.29	0.86	1.21	0.56	1.138	1.12	0.40	1.12	0.40	0.000
Akutna promena raspoloženja	1.24	0.79	1.21	0.87	0.330	1.21	0.61	1.10	0.48	1.952	1.24	0.76	1.17	0.49	0.829	1.26	0.70	1.17	0.54	1.432
Zamor	2.24	1.48	2.02	1.51	1.851	2.41	1.65	2.41	1.68	0.000	2.21	1.62	2.14	1.44	0.476	2.83	1.87	2.52	1.64	2.680**
Anksioznost	1.31	0.64	1.33	0.79	0.240	1.41	0.99	1.31	0.87	1.071	1.36	0.62	1.41	0.70	0.703	1.60	1.11	1.33	0.65	2.423*

*Napomena.* M – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Min – minimalni skor; Max – maksimalni skor; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; BL – bi-lokusna stimulacija DLPFC i PPC; t – t-test; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

### 3.3.3 Evaluacija protokola lažne stimulacije

Na kraju četvrte, poslednje eksperimentalne sesije ispitanici su zamoljeni da pokušaju da pogode kada su bili povdrgnuti kom od četiri primenjena tretmana: stimulaciji prefrontalne oblasti, parijetalne oblasti, simultanoj stimulaciji prefrontalnih i parijetalnih oblasti i lažnoj stimulaciji. Tačnost identifikacije eksperimentalnih tretmana iznosila je za prefrontalnu 21.4%, za parijetalnu 23.8%, za bi-lokusnu 33.3%, i za lažnu stimulaciju 38.1%. Drugim rečima, ispitanici su bili nešto manje uspešni od slučajnog pogađanja u identifikaciji mono-lokusnih stimulacija, dok su u pogađanju bi-lokusne i lažne stimulacije bili nešto uspešniji od slučajnog pogađanja. Imajući u vidu da je svega pet ispitanika više od broja projektovanog na osnovu slučajnog pogađanja uspešno identifikovalo situaciju lažne stimulacije sprovedena placebo intervencija se može smatrati uspešnom.

### 3.3.4 Deskriptivni statistici

U Tabelama 42 i 43 nalaze se prosečne mere postignuća i raspršenja za svaki od testova sposobnosti i svaki od zadataka egzekutivnih funkcija prikazane po eksperimentalnim tretmanima, na nivou eksperimentalnih grupa, kao i za celokupan uzorak. U Tabeli 44 date su deskriptivne mere jednostavnog vremena reakcije za zadatke egzekutivnih funkcija prikazane po eksperimentalnim tretmanima i grupama<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> Mere jednostavnog RT predstavljaju sekundarne mere derivirane iz zadataka egzekutivnih funkcija i kao takve nisu od ključnog značaja za ispitivane funkcije. Ipak, budući da veliki broj ranijih studija koje su koristile tDCS kao tehniku modulacije egzekutivnih funkcija izveštava o ovim merama, nalazi o efektima stimulacije na jednostavno RT izloženi su i u ovom radu, a u cilju obezbeđivanja kontinuiteta u iznošenju empirijskih nalaza i uporedivosti studija. Dodatno, kako se u nekim od ranijih studija pravi nedovoljna distinkcija između jednostavnog RT i mera od centralnog značaja za operacionalizacije egzekutivnih funkcija (tačnost u zadacima ažuriranja i diferencijalno vreme reakcije u zadacima inhibicije i premeštanja) u ovom radu su uporedo prikazane obe vrste mera, pri čemu treba naglasiti da samo mere tačnosti (zadaci ažuriranja) i diferencijalnog vremena reakcije (zadaci inhibicije i premeštanja) ukazuju na efikasnost pretpostavljenih funkcija, dok se mere jednostavnog RT mogu interpretirati kao vreme donošenja jednostavnih odluka, a koje nisu nužno ograničene na funkcije iz čijih su operacionalizacija ekstrahovane.

Tabela 42

Prosečne mere postignuća na testovima kognitivnih sposobnosti prikazane po eksperimentalnim tretmanima i grupama

grupa	test	DLPFC		PPC		BL		Lažna stimulacija	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Leva hemisfera	MTRX	10.95	2.11	10.38	2.22	10.81	1.97	10.38	2.13
	FAL	20.24	4.89	21.38	5.23	20.76	5.44	22.00	4.52
	SA	36.48	8.94	36.81	8.19	37.14	8.30	37.57	7.75
	KA	20.57	4.53	19.86	4.29	20.29	4.37	20.71	3.95
	MZK	24.00	7.33	24.24	7.54	23.52	6.95	23.81	7.05
	PUZZ	23.71	6.97	24.33	6.65	23.57	7.34	23.95	6.50
	SMBL	36.05	6.52	34.24	6.84	34.10	5.59	33.81	6.13
	PTRG	41.14	6.65	40.95	7.65	40.86	6.05	42.05	6.58
Desna hemisfera	MTRX	10.24	2.12	10.38	2.18	10.76	2.23	11.00	2.43
	FAL	20.24	5.55	20.10	5.84	20.57	4.34	21.14	4.89
	SA	37.05	5.45	35.95	6.02	35.86	7.09	36.62	6.82
	KA	20.67	5.07	18.86	4.64	19.86	4.51	19.48	4.18
	MZK	24.57	6.75	24.10	6.64	23.38	7.12	23.95	6.45
	PUZZ	24.43	5.60	24.05	6.03	23.62	7.39	22.52	6.77
	SMBL	35.52	6.51	35.52	5.64	36.14	6.62	36.05	4.96
	PTRG	42.57	7.43	43.05	6.03	41.05	6.08	40.71	6.68
Ukupno	MTRX	10.60	2.12	10.38	2.17	10.79	2.08	10.69	2.28
	FAL	20.24	5.16	20.74	5.51	20.67	4.86	21.57	4.67
	SA	36.76	7.32	36.38	7.11	36.50	7.65	37.10	7.23
	KA	20.62	4.75	19.36	4.44	20.07	4.39	20.10	4.07
	MZK	24.29	6.96	24.17	7.02	23.45	6.95	23.88	6.67
	PUZZ	24.07	6.25	24.19	6.27	23.60	7.27	23.24	6.60
	SMBL	35.79	6.44	34.88	6.23	35.12	6.14	34.93	5.62
	PTRG	41.86	7.00	42.00	6.89	40.95	5.99	41.38	6.59

Napomena. MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; M – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; BL – bi-lokusna stimulacija DLPFC i PPC

Tabela 43

*Prosečne mere postignuća na zadacima egzekutivnih funkcija prikazane po eksperimentalnim tretmanima i grupama*

grupa	zadatak	DLPFC		PPC		BL		Lažna stimulacija	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Leva hemisfera	V 3-unazad	.75	.18	.78	.18	.73	.18	.73	.19
	NV 3-unazad	.70	.23	.77	.25	.75	.22	.70	.23
	V Strup	-101.34	62.10	-119.13	107.25	-118.21	101.96	-123.38	97.71
	NV Strup	-52.06	46.66	-53.10	49.42	-29.17	37.28	-40.73	46.17
	Broj-slovo	-267.62	125.09	-259.86	98.99	-250.39	89.33	-248.37	92.48
	Lokal-global	-356.51	139.44	-351.77	147.50	-379.40	157.15	-391.92	188.71
Desna hemisfera	V 3-unazad	.82	.13	.79	.11	.74	.12	.74	.16
	NV 3-unazad	.83	.16	.81	.13	.78	.17	.76	.17
	V Strup	-107.10	95.78	-133.42	100.84	-145.13	111.12	-126.26	76.05
	NV Strup	-60.24	41.07	-49.02	34.17	-58.30	34.77	-67.63	34.26
	Broj-slovo	-252.62	116.12	-253.52	91.14	-247.64	88.21	-245.52	85.72
	Lokal-global	-357.37	153.09	-364.40	120.69	-343.48	186.35	-358.38	164.38
Ukupno	V 3-unazad	.78	.16	.78	.15	.73	.15	.73	.17
	NV 3-unazad	.76	.21	.79	.20	.76	.20	.73	.20
	V Strup	-104.22	79.78	-126.27	103.07	-131.67	106.21	-124.82	86.49
	NV Strup	-56.15	43.61	-51.06	42.01	-43.73	38.54	-54.18	42.40
	Broj-slovo	-260.12	119.45	-256.69	94.04	-249.02	87.69	-246.95	88.08
	Lokal-global	-356.94	144.63	-358.09	133.26	-361.44	171.22	-375.15	175.62

*Napomena.* V 3-unazad – verbalni 3-unazad; NV 3-unazad – neverbalni 3-unazad; V Strup – verbalni Strupov zadatak; NV Strup NS – neverbalni Strupov zadatak; M – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; BL – bi-lokusna stimulacija DLPFC i PPC

Tabela 44

*Prosečne mere vremena reakcije za tačne odgovore na zadacima egzekutivnih funkcija prikazane po eksperimentalnim tretmanima i grupama*

grupa	zadatak	DLPFC		PPC		BL		Lažna stimulacija	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Leva hemisfera	V 3-unazad	600.34	88.86	606.10	62.50	627.55	79.87	622.92	71.04
	NV 3-unazad	569.92	88.53	575.72	91.03	574.34	78.75	570.40	66.15
	V Strup	764.41	154.38	808.99	181.65	793.69	193.06	815.64	172.51
	NV Strup	703.98	84.31	711.28	89.52	699.34	65.82	707.07	82.03
	Broj-slovo	685.15	119.66	681.15	98.61	678.00	97.85	691.45	93.74
	Lokal-global	871.42	150.62	883.27	170.45	894.29	147.84	906.05	194.12
Desna hemisfera	V 3-unazad	596.23	88.12	612.75	50.51	649.95	65.47	639.32	70.19
	NV 3-unazad	566.48	85.44	576.94	72.15	590.57	55.53	593.77	54.37
	V Strup	786.25	192.96	817.41	170.12	852.49	206.13	807.48	138.46
	NV Strup	714.14	95.61	725.36	89.34	733.83	122.29	722.22	91.89
	Broj-slovo	699.41	101.01	699.11	82.78	743.29	141.95	721.06	93.43
	Lokal-global	877.94	161.67	889.69	148.76	930.15	214.52	913.01	166.10
Ukupno	V 3-unazad	598.28	87.43	609.42	56.23	638.75	73.02	631.12	70.24
	NV 3-unazad	568.20	85.95	576.33	81.13	582.45	67.80	582.09	60.96
	V Strup	775.33	172.95	813.20	173.87	823.09	199.48	811.56	154.55
	NV Strup	709.06	89.18	718.32	88.62	716.59	98.55	714.65	86.37
	Broj-slovo	692.28	109.61	690.13	90.38	710.65	124.87	706.25	93.64
	Lokal-global	874.68	154.36	886.48	158.05	912.22	182.86	909.53	178.48

*Napomena.* V 3-unazad – verbalni 3-unazad; NV 3-unazad – neverbalni 3-unazad; V Strup – verbalni Strupov zadatak; NV Strup NS – neverbalni Strupov zadatak; M – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; BL – bi-lokusna stimulacija DLPFC i PPC

### 3.3.5 Efekti formi i uvežbavanja na kognitivnim merama

Kako bi se proverili potencijalni konfundirajući uticaji razlika u težinama između formi, kao i efekti uvežbavanja kroz eksperimentalne sesije ovi efekti su analizirani za svaki od korišćenih zadataka. U Tabeli 45 nalaze se deskriptivne statističke mere za četiri forme testova kognitivnih sposobnosti. Dodatno, prikazane su mere slaganja između formi kao i mere pouzdanosti pojedinačnih testova dobijene u ovoj fazi istraživanja.

Svi pojedinačni testovi pokazali su adekvatnu podešenost ispitivanoj populaciji te adekvatnu diskriminativnost. Dodatno, svi testovi pokazali su zadovoljavajuće i u velikoj meri ujednačene pouzdanosti (interne konzistentnosti), kao i visok stepen konvergencije indikovani prosečnom merom intraklasne korelacije. Kao što se može videti, efekat plafona je izbegnut za većinu testova i njihovih formi. Izuzetak je test Mozaika, gde je manji broj ispitanika (od 1 do 3) dosegao maksimalan skor u tri od četiri forme. Preostali efekti “plafona” zabeleženi su samo za po jednu formu Matrica, Analogija, i Slagalice (MTRX A, FAL A, PUZZ B), pri čemu je maksimalan skor za svaki od navedenih testova detektovan jedanput, i to kod tri različita ispitanika.

Tabela 45

Deskriptivne statističke mere za četiri forme testova kognitivnih sposobnosti i mere slaganja i razlikovanja između formi

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Sk</i>	<i>Ku</i>	<i>K-S</i>	<i>ICC<sub>avg</sub></i>	<i>α</i>
<i>MTRX A</i>	10.62	2.27	7	16	0.40	-0.97	0.708	.850**	.621
<i>MTRX B</i>	10.76	2.11	7	15	-0.04	-0.97	0.755		.627
<i>MTRX C</i>	10.81	2.09	6	14	-1.50	-0.38	1.245		.615
<i>MTRX D</i>	10.26	2.17	5	14	-0.68	-0.52	0.654		.645
<i>FAL A</i>	21.31	5.08	11	31	-0.39	-0.70	0.536	.909**	.843
<i>FAL B</i>	20.60	4.94	7	28	-2.22*	0.66	0.983		.828
<i>FAL C</i>	20.74	5.17	9	29	-1.01	-0.74	0.748		.828
<i>FAL D</i>	20.57	5.11	4	29	-1.91	2.15*	0.644		.832
<i>SA A</i>	37.29	7.31	21	50	-0.89	-0.56	0.594	.947**	.928
<i>SA B</i>	36.52	6.99	24	52	1.01	-0.65	0.713		.922
<i>SA C</i>	36.29	7.32	22	51	0.36	-0.63	0.564		.927
<i>SA D</i>	36.64	7.67	18	54	-0.01	-0.03	0.709		.935
<i>KA A</i>	19.38	4.26	9	27	-1.15	0.13	0.633	.909**	.684
<i>KA B</i>	20.81	4.62	9	29	-1.24	-0.26	0.784		.727
<i>KA C</i>	19.38	4.43	8	29	-0.41	0.32	0.750		.712
<i>KA D</i>	20.57	4.26	7	29	-1.84	1.85	0.918		.692
<i>MZK A</i>	24.29	6.76	9	35	-0.15	-1.24	0.858	.916**	.919
<i>MZK B</i>	24.12	7.23	9	35	-0.49	-1.61	0.708		.930
<i>MZK C</i>	24.24	6.29	12	34	-0.74	-1.40	0.705		.905
<i>MZK D</i>	23.14	7.26	9	35	-0.23	-1.53	0.695		.925
<i>PUZZ A</i>	23.52	6.36	9	34	-1.16	-0.25	0.883	.928**	.915
<i>PUZZ B</i>	23.76	6.96	8	36	-0.89	-1.03	0.852		.923
<i>PUZZ C</i>	23.38	6.33	9	32	-1.56	-0.50	0.732		.899
<i>PUZZ D</i>	24.43	6.77	11	34	-0.52	-1.68	0.690		.915
<i>SMBL A</i>	34.07	5.77	24	46	0.32	-1.13	0.605	.918**	/
<i>SMBL B</i>	34.67	6.37	23	49	0.22	-0.99	0.740		/
<i>SMBL C</i>	35.50	6.13	23	48	-0.09	-0.45	0.519		/
<i>SMBL D</i>	36.48	5.94	24	49	-0.16	-0.47	0.481		/
<i>PTRG A</i>	42.93	6.33	27	53	-1.13	-0.50	0.789	.845**	/
<i>PTRG B</i>	41.17	6.68	29	57	0.68	-0.94	0.544		/
<i>PTRG C</i>	41.48	6.28	29	53	0.42	-0.89	0.531		/
<i>PTRG D</i>	40.62	7.02	25	53	-1.18	-0.11	0.912		/

Napomena. *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *SA* – Sinonim-antonim; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica; *SMBL* – Simbol; *PTRG* – Vizuelna potraga; *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skjunis; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; *ICC<sub>avg</sub>* – prosečna mera intraklasnog koeficijenta korelacije; *α* – interna konzistentnost; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

Za većinu testova nisu zabeležene razlike između FORMI (A, B, C, i D). Naime, pokazalo se da se četiri forme testova Matrice [ $F(3,123) = 1.343, p = .264, \eta_p^2 = .032$ ], Analogije [ $F(3,123) = 0.674, p = .569, \eta_p^2 = .016$ ], Sinonim-antonim [ $F(3,123) = 0.776, p = .509, \eta_p^2 = .019$ ], Mozaik [ $F(2.04,83.59) = 0.956, p = .390, \eta_p^2 = .023$ ], Slagalica [ $F(3,123) = 0.870, p = .459, \eta_p^2 = .021$ ] i Vizuelna potraga [ $F(2.16,88.69) = 2.262, p = .106, \eta_p^2 = .052$ ] ne razlikuju u težini. Sprovedeni *post-hoc* testovi (Bonferroni) nisu identifikovali razlike između pojedinačnih parova formi ni za jedan od pomenutih testova, izuzev testa Vizuelna potraga gde se pokazalo da je forma A bila ispitanicima marginalno lakša od formi B ( $p = .065$ ) i D ( $p = .060$ ). Za test Kristalizovanih asocijacija dobijen je zanačajan efekat FORME [ $F(3,123) = 4.703, p = .004, \eta_p^2 = .103$ ], pri čemu se pokazalo da



je forma C ispitanicima bila nešto teža od formi B ( $p = .027$ ) i D ( $p = .039$ ). Konačno, značajan efekat forme dobijen je i za test Simbol [ $F(3,123) = 5.090, p = .002, \eta_p^2 = .110$ ], pri čemu se forma D pokazala nešto lakšom od forme A ( $p = .006$ ) i forme B ( $p = .035$ ). Razlike između preostalih formi ovog testa nisu ustanovljene.

U Tabeli 46 prikazane su deskriptivne statističke mere za testove kognitivnih sposobnosti po poretku eksperimentalnih sesija. Prikazani *ICC* ukazuju na visok stepen stabilnosti individualnih razlika u postignuću unutar svakog od testova.

Odustvo uvežbavanja zabeleženo je na testovima Matrice i Kristalizovane asocijacije. Sa druge strane, *post-hoc* testovi (Bonferroni) u slučaju testa Analogija pokazali su izraženiji skok u trećoj u poređenju sa prvom ( $p = .002$ ) i drugom ( $p = .040$ ) eksperimentalnom sesijom, nakon čega dolazi do platoa u postignuću. Za test Sinonim-antonim jedina primetnija razlika identifikovana je između prvog i poslednjeg susreta za zadatkom ( $p = .045$ ).

Nešto drugačiji nalazi dobijeni su za testove Mozaik, Slagalica i Vizuelna potraga. Naime, za ova tri testa najveći deo varijanse dobijenih razlika može atribuirati efektima uvežbavanja. Tako se za test Mozaik pokazalo da postoji progresivan rast u postignuću od prve ka preostalim sesijama ( $p < .001$ ), pri čemu se razlika između trećeg i četvrtog susreta sa testom, u poređenju sa prethodno pomenutim, smanjuje u korist poslednjeg ( $p = .008$ ). Nešto drugačiji trend zabeležen je za test Slagalica. Naime, i ovde je prvo postignuće najslabije u poređenju sa ostalim ( $p < .001$ ), zatim dolazi do platoa između drugog i trećeg testiranja, nakon čega ispitanici u poslednjem testiranju ostvaruju postignuće koje je bolje u odnosu na prva dva testiranja ( $p < .001; p = .029$ ). Konačno, u slučaju testa Vizuelna potraga, takođe, se pokazalo da je prvo postignuće najslabije ( $p < .001$ ), zatim dolazi do porasta u postignuću u drugom susretu sa zadatkom, zatim do marginalnog porasta u trećem testiranju ( $p = .058$ ), nakon čega nastupa plato u postignuću.

Tabela 46

Deskriptivne statističke mere testova kognitivnih sposobnosti za svaku od četiri vremenske tačke i mere slaganja i razlikovanja između sesija

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>ICC<sub>avg</sub></i>	<i>F</i> (3, 123)	<i>p</i>	$\eta_p^2$
<i>t1 MTRX</i>	10.31	2.01	5	14				
<i>t2 MTRX</i>	10.64	2.21	6	15				
<i>t3 MTRX</i>	10.95	2.16	6	14	.850**	1.558	.203	.037
<i>t4 MTRX</i>	10.55	2.24	6	16				
<i>t1 FAL</i>	20.00	5.42	4	30				
<i>t2 FAL</i>	20.36	5.06	9	29				
<i>t3 FAL</i>	22.00	4.73	9	31	.910**	4.715	.004	.103
<i>t4 FAL</i>	20.86	4.88	11	30				
<i>t1 SA</i>	35.45	7.21	18	52				
<i>t2 SA</i>	36.62	6.79	22	49				
<i>t3 SA</i>	37.00	7.11	24	51	.947**	3.941	.010	.088
<i>t4 SA</i>	37.67	8.00	22	54				
<i>t1 KA</i>	19.62	4.69	7	29				
<i>t2 KA</i>	20.07	4.61	8	28				
<i>t3 KA</i>	20.12	4.28	11	28	.908**	0.665	.575	.016
<i>t4 KA</i>	20.33	4.14	9	29				
<i>t1 MZK</i>	20.26	5.91	9	34				
<i>t2 MZK</i>	23.48	6.81	9	35				
<i>t3 MZK</i>	25.33	6.89	13	35	.920**	63.683	< .001	.608
<i>t4 MZK</i>	26.71	6.19	12	35				
<i>t1 PUZZ</i>	20.93	5.72	10	32				
<i>t2 PUZZ</i>	23.86	7.13	8	33				
<i>t3 PUZZ</i>	24.69	5.99	11	34	.930**	27.037	< .001	.397
<i>t4 PUZZ</i>	25.62	6.59	9	36				
<i>t1 SIMB</i>	34.33	6.37	23	49				
<i>t2 SIMB</i>	34.83	6.31	23	48				
<i>t3 SIMB</i>	35.62	5.95	24	49	.918**	2.323	.078	.054
<i>t4 SIMB</i>	35.93	5.72	26	48				
<i>t1 POTR</i>	37.62	5.60	25	47				
<i>t2 POTR</i>	41.45	5.40	30	52				
<i>t3 POTR</i>	43.45	6.50	32	53	.853**	29.922	< .001	.422
<i>t4 POTR</i>	43.67	7.03	26	57				

Napomena. *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *SA* – Sinonim-antonim; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica; *SMBL* – Simbol; *PTRG* – Vizuelna potraga; *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *ICC<sub>avg</sub>* – prosečna mera intraklasnog koeficijenta korelacije; *F* (*df1*, *df2*) – *F* količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta

U celini, može se zapaziti da su najizraženije razlike između pojedinačnih testiranja dobijene upravo za testove sa najvećim brojem ajtema koje je potrebno rešiti u zadatom vremenskom okviru. Dodatno, za većinu testova za koje su utvrđene razlike u postignuću između sesija one su najveće između prvog susreta sa testom i kasnijih testiranja. U vezi sa tim, čini se da se bar jedan deo efekta uvežbavanja na ovim testovima može pripisati inicijalnoj familijarizaciji sa zahtevima datog testa te iskustvu sa vremenskim okvirom u kom je zadatke potrebno rešiti, odnosno da je za veće “skokove” u postignuću bar delom odgovorna optimizacija i kalibracija strategija rešavanja pojedinačnih zadataka unutar zadatih vremenskih okvira. Takođe, ovde treba naglasiti da Mozaik, Slagalica i Vizuelna potraga, testovi na kojima su dobijene najveće razlike,

predstavljaju testove u kojima su korišćeni načelno istovetni stimulusi. U skladu sa tim, za testove Mozaik i Slagalice, ali ne i test Vizuelna potraga, moglo bi se pretpostaviti da su ispitanici tokom prolaska kroz sesije “učili” tačne odgovore te u svakom narednom testiranju imali odgovarajuću uštedu prilikom rada na testu. Međutim, budući da postavke zadataka i tačni odgovori koji su korišćeni u ovim testovima predstavljaju veoma kompleksne stimuluse, kojih ima u velikom broju i koje je posledično veoma teško upamtiti i “reprodukovati” više od dve nedelje kasnije i da prosečan priraštaj u skorovima između uzastopnih sesija iznosi manje od dva zadatka ovo objašnjenje ne čini se posebno plauzibilnim. Dodatno, bitno je naglasiti da nijedan ispitanik nije izvestio o tome da je svestan korespondencije između postavke zadataka i tačnih odgovora, ali jesu izveštavali o tome da im se čini kao da uspevaju da za kraće vreme reše pojedinačne zadatke kako napreduju kroz sesije. Dakle, jedan deo efekata uvežbavanja na ova dva testa se svakako može pripisati izvesnom stepenu implicitnog učenja kontingencija između postavke zadataka i tačnih odgovora. Ove kontingencije su usled veće perceptualne sličnosti različitih formi svakako izraženije u slučaju testa Mozaik budući da je u ovom testu napravljen manji broj površinskih, perceptualnih izmena u poređenju sa testom Slagalice. Progresivno uvežbavanje u testu Vizuelna potraga bi se pored navedenih faktora familijarizacije i optimizacija strategija rešavanja u datim vremenskim okvirima verovatno moglo pripisati implicitnom uvežbavanju i stvaranju implicitnih očekivanja o javljanju stimulusa meta usled prethodnih iskustava sa frekvencijom njihovog javljanja u listi stimulusa.

U Tabeli 47 nalaze se deskriptivne statističke mere za četiri forme svakog od zadataka egzekutivnih funkcija. Pored toga, u istoj tabeli prikazani su intraklasni koeficijenti korelacije i mere razlikovanja između formi. Na merama egzekutivnih funkcija čiji se osnovni skorovi deriviraju iz vremena reakcije su, pre analiza, izvršene predviđene transformacije (vidi odeljak Evaluacija zadataka egzekutivnih funkcija).

Zadaci su, u celini, pokazali prihvatljiv stepen diskriminativnosti i konvergencije između formi. Na verbalnim i neverbalnim zadacima ažuriranja zabeležen je efekat “plafona”. Ipak, ovde treba naglasiti da je svega dva ispitanika uspelo da postigne maksimalan skor na različitim formama verbalnog 3-unazad zadatka, dok su na neverbalnom isto uspeli da učine ukupno četiri ispitanika.

Tabela 47

*Deskriptivne statističke mere za četiri forme zadatka egzekutivnih funkcija i mere slaganja i razlikovanja između formi*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Sk</i>	<i>Ku</i>	<i>K-S</i>	<i>ICC<sub>avg</sub></i>	<i>F (df1, df2)</i>	<i>p</i>	$\eta_p^2$
<i>V 3-unazad A</i>	0.73	0.17	0.35	1.00	-0.69	-0.62	0.602				
<i>V 3-unazad B</i>	0.77	0.17	0.33	1.00	-3.00**	1.20	0.967	.804**	1.649 (3, 123)	.182	.039
<i>V 3-unazad C</i>	0.77	0.15	0.35	1.00	-1.15	-0.10	0.695				
<i>V 3-unazad D</i>	0.77	0.15	0.28	1.00	-1.84	1.19	0.755				
<i>NV 3-unazad A</i>	0.79	0.18	0.33	1.00	-2.61**	-0.18	1.205				
<i>NV 3-unazad B</i>	0.78	0.19	0.15	1.00	-3.91**	2.53*	1.223	.803**	1.300 (3, 123)	.278	.031
<i>NV 3-unazad C</i>	0.74	0.20	0.30	1.00	-1.41	-1.24	.809				
<i>NV 3-unazad D</i>	0.75	0.23	0.15	1.00	-3.10**	0.50	1.112				
<i>V Stroop A</i>	-103.20	102.60	-384.15	60.47	-2.07*	0.21	0.832				
<i>V Stroop B</i>	-115.19	108.77	-451.09	44.56	-2.65**	1.73	0.805	.790**	2.225 (3, 123)	.089	.051
<i>V Stroop C</i>	-131.72	87.54	-315.04	11.21	-0.80	-1.63	0.875				
<i>V Stroop D</i>	-136.88	73.77	-315.98	-2.77	-0.52	-0.47	0.544				
<i>NV Stroop A</i>	-51.30	42.52	-171.11	24.04	-1.79	0.22	0.931				
<i>NV Stroop B</i>	-47.54	29.92	-108.11	23.88	0.72	-0.36	0.595	.740**	0.769 (3, 123)	.514	.018
<i>NV Stroop C</i>	-57.34	44.66	-196.18	26.77	-2.18*	2.10*	0.833				
<i>NV Stroop D</i>	-48.94	47.82	-162.20	77.49	-0.76	1.05	0.683				
<i>Broj-slovo A</i>	-252.23	87.02	-444.99	-43.13	-0.50	-0.35	0.713				
<i>Broj-slovo B</i>	-223.70	83.30	-466.98	-49.71	-1.58	0.73	0.591	.813**	4.399 (2.26, 92.60)	.012	.097
<i>Broj-slovo C</i>	-270.69	106.18	-559.95	-121.17	-2.69**	1.31	0.851				
<i>Broj-slovo D</i>	-266.16	107.32	-664.37	-118.82	-4.25**	4.80**	0.968				
<i>Lokal-global A</i>	-361.22	154.55	-703.94	-138.97	-1.81	-0.61	0.906				
<i>Lokal-global B</i>	-366.90	150.25	-758.94	-115.13	-2.70**	0.68	1.099	.808**	0.069 (2.55, 104.71)	.963	.002
<i>Lokal-global C</i>	-357.38	160.38	-763.11	-96.22	-1.84	0.32	0.919				
<i>Lokal-global D</i>	-366.13	163.73	-881.08	-130.22	-3.24**	2.87**	0.653				

*Napomena.* *V 3-unazad* – verbalni 3-unazad; *NV 3-unazad* – neverbalni 3-unazad; *V Strup* – verbalni Strupov zadatak; *NV Strup* – neverbalni Strupov zadatak; *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *zSk* – standardizovani skjunis; *zKu* – standardizovani kurtosis; *K-S* – Kolmogorov-Smirnov test normalnosti distribucije; *ICC<sub>avg</sub>* – prosečna mera intraklasnog koeficijenta korelacije; *F (df1, df2)* – *F* količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta

U slučajevima verbalnog i neverbalnog 3-unazad zadatka, neverbalnog Strupovog zadatka, kao i zadatka Lokal-global nisu zabeleženi značajni efekti forme zadatka. U pogledu verbalnog Strupovog zadatka zabeležen je efekat forme na nivou trenda. Međutim, pokazalo se da i najveća detektovana razlika između pojedinačnih formi (forme A i D) ostaje daleko od konvencionalnog nivoa značajnosti ( $p = .092$ ). Sa druge strane, relativno izražen efekat forme dobijen je za zadatak Broj-slovo, pri čemu se pokazalo da je ispitanicima forma B ovog testa bila lakša od formi A ( $p = .039$ ), C ( $p = .025$ ), i D ( $p = .040$ ).

U Tabeli 48 nalaze se deskriptivni statistički pokazatelji za zadatke egzekutivnih funkcija prema poretku eksperimentalnih sesija. Prikazani *ICC* ukazuju na prihvatljiv stepen stabilnosti postignuća unutar svakog od zadataka.

Tabela 48

*Deskriptivne statističke mere zadataka egzekutivnih funkcija za svaku od četiri vremenske tačke*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>ICC<sub>avg</sub></i>	<i>F (df1, df2)</i>	<i>p</i>	$\eta_p^2$
<i>t1 V 3-unazad</i>	.66	.17	.28	.98				
<i>t2 V 3-unazad</i>	.78	.13	.40	1	.816**	23.302 (2.15, 87.95)	< .001	.362
<i>t3 V 3-unazad</i>	.79	.13	.38	1				
<i>t4 V 3-unazad</i>	.80	.16	.35	1				
<i>t1 NV 3-unazad</i>	.62	.21	.15	1				
<i>t2 NV 3-unazad</i>	.79	.17	.30	1	.818**	32.735 (2.15, 88.01)	< .001	.444
<i>t3 NV 3-unazad</i>	.82	.20	.15	1				
<i>t4 NV 3-unazad</i>	.82	.16	.43	1				
<i>t1 V Stroop</i>	-129.00	96.98	-315.04	60.47				
<i>t2 V Stroop</i>	-128.56	85.94	-315.98	11.21	.790**	2.126 (2.30, 94.26)	.118	.049
<i>t3 V Stroop</i>	-130.33	99.82	-451.09	13.61				
<i>t4 V Stroop</i>	-99.11	93.48	-384.15	44.56				
<i>t1 NV Stroop</i>	-50.92	47.01	-171.11	77.49				
<i>t2 NV Stroop</i>	-49.86	44.36	-196.18	24.25	.739**	0.166 (3, 123)	.919	.004
<i>t3 NV Stroop</i>	-50.10	29.86	-113.35	-0.28				
<i>t4 NV Stroop</i>	-54.25	44.26	-155.22	24.04				
<i>t1 Broj-slovo</i>	-315.38	98.32	-664.37	-152.71				
<i>t2 Broj-slovo</i>	-258.03	100.19	-559.95	-121.17	.826**	35.570 (2.54, 104.05)	< .001	.465
<i>t3 Broj-slovo</i>	-232.17	81.15	-466.98	-49.71				
<i>t4 Broj-slovo</i>	-207.19	76.04	-366.29	-43.13				
<i>t1 Lokal-global</i>	-469.80	144.37	-881.08	-223.32				
<i>t2 Lokal-global</i>	-350.66	147.80	-763.11	-130.99	.824**	35.870 (3, 123)	< .001	.467
<i>t3 Lokal-global</i>	-333.46	160.78	-758.94	-96.22				
<i>t4 Lokal-global</i>	-297.70	115.81	-683.31	-107.54				

*Napomena.* *V 3-unazad* – verbalni 3-unazad; *NV 3-unazad* – neverbalni 3-unazad; *V Strup* – verbalni Strupov zadatak; *NV Strup* – neverbalni Strupov zadatak; *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *Min* – minimalni skor; *Max* – maksimalni skor; *ICC<sub>avg</sub>* – prosečna mera intraklasnog koeficijenta korelacije; *F (df1, df2)* – *F* količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta

Kod Strupovih zadataka nisu ustanovljeni efekti redosleda eksperimentalnih sesija. U pogledu kako verbalnog tako i neverbalnog zadatka ažuriranja značajne razlike su detektovane samo između prve i poslednje eksperimentalne sesije ( $p < .001$ ). Kod zadatka Broj-slovo zabeleženo je skraćenje diferencijalnog RT između prve i preostalih sesija ( $p < .001$ ), pri čemu dolazi do stagnacija između druge i treće sesije ( $p = .056$ ), da bi u četvrtoj sesiji došlo do dodatnog ubrzanja u vremenu reakcije u poređenju sa prethodne dve sesije ( $p < .001$ ;  $p = .019$ ). Veoma sličan trend zabeležen je i kod zadatka Lokal-global. Naime, i ovde se pokazalo da nakon familijarizacije sa zadatkom u prvoj sesiji dolazi do značajnog ubrzanja u svim ostalim sesijama u poređenju sa prvom ( $p < .001$ ), pri čemu u drugoj i trećoj vremenskoj tački dolazi do stagnacije, i konačno, do blagog ubrzanja u četvrtoj sesiji u poređenju sa prve dve ( $p < .001$ ;  $p = .022$ ).

U celini, slično kao kod testova sposobnosti, do najizraženijeg skoka u postignuću dolazi nakon inicijalne familijarizacije sa zadatkom, pri čemu se čini da je priraštaj u postignuću na pojedinačnim zadacima direktno proporcionalan kognitivnoj kompleksnosti samog zadatka i metrici u kojoj se skor na datom zadatku izražava. Tome u prilog govori apsolutno odsustvo efekata uvežbavanja u neverbalnom zadatku kognitivne inhibicije koji je ujedno i zadatak u kom je diferencijalno RT srazmerno kratko. Takođe, u verbalnom zadatku inhibicije, u kom diferencijalno vreme reakcije iznosi oko 100ms zapaža se trend ka skraćanju diferencijalnog vremena reakcije. Konačno, efekti uvežbavanja su najizraženiji za zadatke u kojima prosečna vrednost diferencijalnog vremena reakcije prelazi 200ms. Takođe, čini se da je mera vremena reakcije znatno podložnija efektima uvežbavanja nego mera tačnosti, te da se na ovoj meri (za zadatke veće kognitivne kompleksnosti) značajno teže dostiže plato. Ovo se jasno može videti iz nalaza da su promene u tačnosti na zadacima ažuriranja, nakon početne familijarizacije praktično nepostojeće, dok to nije slučaj sa diferencijalnim RT u zadacima egzekutivne funkcije premeštanja.

Kako bi se u izvesnoj meri neutralisali efekti formi i redosleda sesija, a skladu sa prethodno navedenim rezultatima koji ukazuju na to da manji ili veći procenat varijanse postignuća na testovima sposobnosti i egzekutivnih funkcija potiče iz razlika u težini formi, kao i uvežbavanja kroz sesije, u okviru svakog od testova/zadataka sprovedena je procedura dvostrukog centriranja. Naime, svi testovi/zadaci centrirani su tako da prosek na svim formama iznosi 0, nakon čega su testovi/zadaci centrirani po redosledu eksperimentalnih sesija tako da prosek za svaku od četiri eksperimentalne sesije iznosi 0.

Nakon toga, a zarad jasnoće prikaza rezultata i kontinuiteta u iznošenju deskriptivnih mera, dobijene vrednosti su u okviru svakog od pojedinačnih tretmana reskalirane na prvobitnu metriku.

### **3.3.6 Efekti tretmana**

U skladu sa dizajnom eksperimenta prvo su provereni opšti efekti stimulacije na kognitivne sposobnosti i egzekutivne funkcije (Tabele 49, 50 i 51). Tako je sprovedena mešovita analiza varijanse ( $2 \times 4$  ANOVA) sa faktorima GRUPA (neponovljeni faktor; dva nivoa: leva i desna hemisfera) i TRETMAN (ponovljeni faktor; četiri nivoa: DLPFC, PPC, bi-lokusna i lažna stimulacija). Takođe, sprovedeni su planirani kontrasti za faktor TRETMANA i to DLPFC – lažna stimulacija, PPC – lažna stimulacija, i bi-lokusna – lažna stimulacija.



Tabela 49

Glavni efekti GRUPE (leva i desna hemisfera), TRETMANA (stimulacija DLPFC, PPC, BL i sham) i njihove interakcije, sa opštim kontrastima tri tretmana u odnosu na sham za testove kognitivnih sposobnosti

	unutargrupni/međugrupni efekti			kontrasti				
		$F(df1, df2)$	$p$	$\eta_p^2$	$F(df1, df2)$	$p$	$\eta_p^2$	
MTRX	GRUPA	0.004 (1, 40)	.950	.000				
	TRETMAN	0.755 (3, 120)	.522	.019	DLPFC – Sham	0.075 (1, 40)	.785	.002
					PPC – Sham	1.211 (1, 40)	.278	.029
					BL – Sham	0.149 (1, 40)	.701	.004
	GRUPA x TRETMAN	1.722 (3, 120)	.166	.041	DLPFC – Sham	<b>4.997 (1, 40)</b>	<b>.031</b>	<b>.111</b>
					PPC – Sham	1.226 (1, 40)	.275	.030
					BL – Sham	1.281 (1, 40)	.264	.031
FAL	GRUPA	0.000 (1, 40)	1.000	.000				
	TRETMAN	1.967 (3, 120)	.123	.047	DLPFC – Sham	<b>6.902 (1, 40)</b>	<b>.012</b>	<b>.147</b>
					PPC – Sham	<b>3.497 (1, 40)</b>	<b>.069</b>	<b>.080</b>
					BL – Sham	<b>2.953 (1, 40)</b>	<b>.093</b>	<b>.069</b>
	GRUPA x TRETMAN	0.649 (3, 120)	.585	.016	DLPFC – Sham	0.791 (1, 40)	.379	.019
					PPC – Sham	0.232 (1, 40)	.633	.006
					BL – Sham	0.486 (1, 40)	.490	.012
SA	GRUPA	0.088 (1, 40)	.768	.002				
	TRETMAN	0.550 (3, 120)	.649	.014	DLPFC – Sham	0.260 (1, 40)	.613	.006
					PPC – Sham	1.194 (1, 40)	.281	.029
					BL – Sham	0.812 (1, 40)	.373	.020
	GRUPA x TRETMAN	0.775 (3, 120)	.510	.019	DLPFC – Sham	1.162 (1, 40)	.288	.028
					PPC – Sham	0.001 (1, 40)	.976	.000
					BL – Sham	0.044 (1, 40)	.834	.001
KA	GRUPA	0.277 (1, 40)	.602	.007				
	TRETMAN	1.857 (3, 120)	.140	.044	DLPFC – Sham	0.641 (1, 40)	.428	.016
					PPC – Sham	<b>2.876 (1, 40)</b>	<b>.098</b>	<b>.067</b>
					BL – Sham	0.127 (1, 40)	.724	.003
	GRUPA x TRETMAN	0.600 (3, 120)	.617	.015	DLPFC – Sham	1.660 (1, 40)	.205	.040
					PPC – Sham	0.068 (1, 40)	.796	.002
					BL – Sham	0.533 (1, 40)	.470	.013

Napomena. MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; BL – bi-lokusna stimulacija DLPFC i PPC;  $F(df1, df2)$  –  $F$  količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

Tabela 49

Glavni efekti GRUPE (leva i desna hemisfera), TRETMANA (stimulacija DLPFC, PPC, BL i sham) i njihove interakcije, sa opštim kontrastima tri tretmana u odnosu na sham za testove kognitivnih sposobnosti (nastavak)

	unutargrupni/međugrupni efekti			kontrasti					
		$F(df1, df2)$	$p$	$\eta_p^2$	$F(df1, df2)$	$p$	$\eta_p^2$		
MZK	GRUPA	0.003 (1, 40)	.956	.000					
	TRETMAN	0.830 (3, 120)	.480	.020	DLPFC – Sham	0.126 (1, 40)	.724	.003	
					PPC – Sham	0.031 (1, 40)	.860	.001	
					BL – Sham	1.341 (1, 40)	.254	.032	
	GRUPA x TRETMAN	0.249 (3, 120)	.862	.006	DLPFC – Sham	0.181 (1, 40)	.673	.005	
					PPC – Sham	0.074 (1, 40)	.786	.002	
					BL – Sham	0.072 (1, 40)	.789	.002	
	PUZZ	GRUPA	0.016 (1, 40)	.899	.000				
		TRETMAN	0.778 (3, 120)	.509	.019	DLPFC – Sham	0.979 (1, 40)	.328	.024
						PPC – Sham	1.850 (1, 40)	.181	.044
BL – Sham						0.049 (1, 40)	.826	.001	
GRUPA x TRETMAN		1.366 (3, 120)	.257	.033	DLPFC – Sham	<b>4.404 (1, 40)</b>	<b>.042</b>	<b>.099</b>	
					PPC – Sham	1.264 (1, 40)	.268	.031	
					BL – Sham	1.598 (1, 40)	.214	.038	
SMBL		GRUPA	0.552 (1, 40)	.462	.014				
		TRETMAN	0.605 (3, 120)	.613	.015	DLPFC – Sham	0.664 (1, 40)	.420	.016
						PPC – Sham	0.171 (1, 40)	.681	.004
	BL – Sham					0.019 (1, 40)	.891	.000	
	GRUPA x TRETMAN	1.884 (3, 120)	.136	.045	DLPFC – Sham	<b>3.919 (1, 40)</b>	<b>.055</b>	<b>.089</b>	
					PPC – Sham	0.367 (1, 40)	.548	.009	
					BL – Sham	0.050 (1, 40)	.825	.001	
	PTRG	GRUPA	0.122 (1, 40)	.729	.003				
		TRETMAN	0.845 (3, 120)	.472	.021	DLPFC – Sham	0.268 (1, 40)	.607	.007
						PPC – Sham	0.390 (1, 40)	.536	.010
BL – Sham						0.652 (1, 40)	.424	.016	
GRUPA x TRETMAN		<b>2.405 (3, 120)</b>	<b>.071</b>	<b>.057</b>	DLPFC – Sham	<b>3.138 (1, 40)</b>	<b>.084</b>	<b>.073</b>	
					PPC – Sham	<b>6.324 (1, 40)</b>	<b>.016</b>	<b>.137</b>	
					BL – Sham	1.711 (1, 40)	.198	.041	

Napomena. MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; BL – bi-lokusna stimulacija DLPFC i PPC;  $F(df1, df2)$  –  $F$  količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

Tabela 50

Glavni efekti GRUPE (leva i desna hemisfera), TRETMANA (stimulacija DLPFC, PPC, BL i sham) i njihove interakcije, sa opštim kontrastima tri tretmana u odnosu na sham za zadatke egzekutivnih funkcija

	unutargrupni/međugrupni efekti			kontrasti					
		$F(df1, df2)$	$p$	$\eta_p^2$	$F(df1, df2)$	$p$	$\eta_p^2$		
Verbalni 3-unazad	GRUPA	0.493 (1, 40)	.486	.012					
	TRETMAN	<b>3.630 (3, 120)</b>	<b>.015</b>	<b>.083</b>	DLPFC – Sham	<b>2.977 (1, 40)</b>	<b>.092</b>	<b>.069</b>	
					PPC – Sham	<b>6.215 (1, 40)</b>	<b>.017</b>	<b>.134</b>	
					BL – Sham	0.132 (1, 40)	.718	.003	
	GRUPA x TRETMAN	1.162 (3, 120)	.327	.028	DLPFC – Sham	1.570 (1, 40)	.217	.038	
					PPC – Sham	0.000 (1, 40)	.985	.000	
					BL – Sham	0.097 (1, 40)	.757	.002	
	Neverbalni 3-unazad	GRUPA	1.617 (1, 40)	.211	.039				
		TRETMAN	2.053 (3, 120)	.110	.049	DLPFC – Sham	1.327 (1, 40)	.256	.032
						PPC – Sham	<b>8.794 (1, 40)</b>	<b>.005</b>	<b>.180</b>
BL – Sham						1.166 (1, 40)	.287	.028	
GRUPA x TRETMAN		2.058 (3, 120)	.109	.049	DLPFC – Sham	2.504 (1, 40)	.121	.059	
					PPC – Sham	0.436 (1, 40)	.513	.011	
					BL – Sham	0.209 (1, 40)	.650	.005	
Verbalni Stroop		GRUPA	0.292 (1, 40)	.592	.007				
		TRETMAN	1.567 (3, 120)	.201	.038	DLPFC – Sham	<b>2.727 (1, 40)</b>	<b>.107</b>	<b>.064</b>
						PPC – Sham	0.003 (1, 40)	.955	.000
	BL – Sham					0.289 (1, 40)	.594	.007	
	GRUPA x TRETMAN	0.267 (3, 120)	.849	.007	DLPFC – Sham	0.027 (1, 40)	.870	.001	
					PPC – Sham	0.218 (1, 40)	.643	.005	
					BL – Sham	1.006 (1, 40)	.322	.025	
	Neverbalni Stroop	GRUPA	2.513 (1, 40)	.121	.059				
		TRETMAN	1.163 (3, 120)	.327	.028	DLPFC – Sham	0.099 (1, 40)	.754	.002
						PPC – Sham	0.239 (1, 40)	.628	.006
BL – Sham						1.751 (1, 40)	.193	.042	
GRUPA x TRETMAN		<b>2.730 (3, 120)</b>	<b>.047</b>	<b>.064</b>	DLPFC – Sham	1.884 (1, 40)	.178	.045	
					PPC – Sham	<b>5.107 (1, 40)</b>	<b>.029</b>	<b>.113</b>	
					BL – Sham	0.037 (1, 40)	.849	.001	

Napomena. DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; BL – bi-lokusna stimulacija DLPFC i PPC;  $F(df1, df2)$  –  $F$  količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

Tabela 50

Glavni efekti GRUPE (leva i desna hemisfera), TRETMANA (stimulacija DLPFC, PPC, BL i sham) i njihove interakcije, sa opštim kontrastima tri tretmana u odnosu na sham za zadatke egzekutivnih funkcija (nastavak)

	unutargrupni/međugrupni efekti			kontrasti				
		$F(df1, df2)$	$p$	$\eta_p^2$	$F(df1, df2)$	$p$	$\eta_p^2$	
Broj-slovo	GRUPA	0.076 (1, 40)	.784	.002				
	TRETMAN	1.041 (3, 120)	.377	.025	DLPFC – Sham	2.268 (1, 40)	.140	.054
					PPC – Sham	1.269 (1, 40)	.267	.031
					BL – Sham	0.368 (1, 40)	.547	.009
	GRUPA x TRETMAN	0.086 (3, 120)	.967	.002	DLPFC – Sham	0.116 (1, 40)	.735	.003
					PPC – Sham	0.001 (1, 40)	.974	.000
					BL – Sham	0.008 (1, 40)	.931	.000
Lokal-global	GRUPA	0.129 (1, 40)	.721	.003				
	TRETMAN	0.163 (3, 120)	.921	.004	DLPFC – Sham	0.466 (1, 40)	.499	.012
					PPC – Sham	0.337 (1, 40)	.565	.008
					BL – Sham	0.251 (1, 40)	.619	.006
	GRUPA x TRETMAN	0.964 (3, 120)	.412	.024	DLPFC – Sham	1.189 (1, 40)	.282	.029
					PPC – Sham	1.634 (1, 40)	.208	.039
					BL – Sham	0.008 (1, 40)	.931	.000

Napomena. DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; BL – bi-lokusna stimulacija DLPFC i PPC;  $F(df1, df2)$  –  $F$  količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

Tabela 51

Glavni efekti GRUPE (leva i desna hemisfera), TRETMANA (stimulacija DLPFC, PPC, BL i sham) i njihove interakcije, sa opštim kontrastima tri tretmana u odnosu na sham za vreme reakcije (RT) na zadacima egzekutivnih funkcija

	unutargrupni/međugrupni efekti			kontrasti					
		$F(df1, df2)$	$p$	$\eta_p^2$	$F(df1, df2)$	$p$	$\eta_p^2$		
Verbalni 3-unazad	GRUPA	0.297 (1, 40)	.589	.007					
	TRETMAN	6.670 (3, 120)	< .001	.143	DLPFC – Sham	<b>12.128 (1, 40)</b>	<b>.001</b>	<b>.233</b>	
					PPC – Sham	<b>4.985 (1, 40)</b>	<b>.031</b>	<b>.111</b>	
					BL – Sham	0.742 (1, 40)	.394	.018	
	GRUPA x TRETMAN	0.895 (3, 120)	.446	.022	DLPFC – Sham	1.742 (1, 40)	.194	.042	
					PPC – Sham	0.488 (1, 40)	.489	.012	
					BL – Sham	0.098 (1, 40)	.756	.002	
	Neverbalni 3-unazad	GRUPA	0.237 (1, 40)	.629	.006				
		TRETMAN	0.920 (3, 120)	.433	.022	DLPFC – Sham	1.449 (1, 40)	.236	.035
						PPC – Sham	0.221 (1, 40)	.641	.006
BL – Sham						0.113 (1, 40)	.739	.003	
GRUPA x TRETMAN		0.969 (3, 120)	.410	.024	DLPFC – Sham	2.002 (1, 40)	.165	.048	
					PPC – Sham	1.636 (1, 40)	.208	.039	
					BL – Sham	0.152 (1, 40)	.699	.004	
Verbalni Stroop		GRUPA	0.167 (1, 40)	.685	.004				
		TRETMAN	3.189 (2.45, 98.00)	.036	.074	DLPFC – Sham	<b>4.753 (1, 40)</b>	<b>.035</b>	<b>.106</b>
						PPC – Sham	0.018 (1, 40)	.894	.000
	BL – Sham					0.910 (1, 40)	.346	.022	
	GRUPA x TRETMAN	1.324	.272	.032	DLPFC – Sham	0.872 (1, 40)	.356	.021	
					PPC – Sham	0.286 (1, 40)	.596	.007	
					BL – Sham	<b>5.530 (1, 40)</b>	<b>.024</b>	<b>.121</b>	
	Neverbalni Stroop	GRUPA	0.485 (1, 40)	.490	.012				
		TRETMAN	0.739 (2.25, 90.13)	.496	.018	DLPFC – Sham	0.733 (1, 40)	.397	.018
						PPC – Sham	0.301 (1, 40)	.586	.007
BL – Sham						0.215 (1, 40)	.645	.005	
GRUPA x TRETMAN		1.035 (2.25, 90.13)	.366	.025	DLPFC – Sham	0.089 (1, 40)	.767	.002	
					PPC – Sham	0.000 (1, 40)	.990	.000	
					BL – Sham	<b>2.767 (1, 40)</b>	<b>.104</b>	<b>.065</b>	

Napomena. DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; BL – bi-lokusna stimulacija DLPFC i PPC;  $F(df1, df2)$  –  $F$  količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

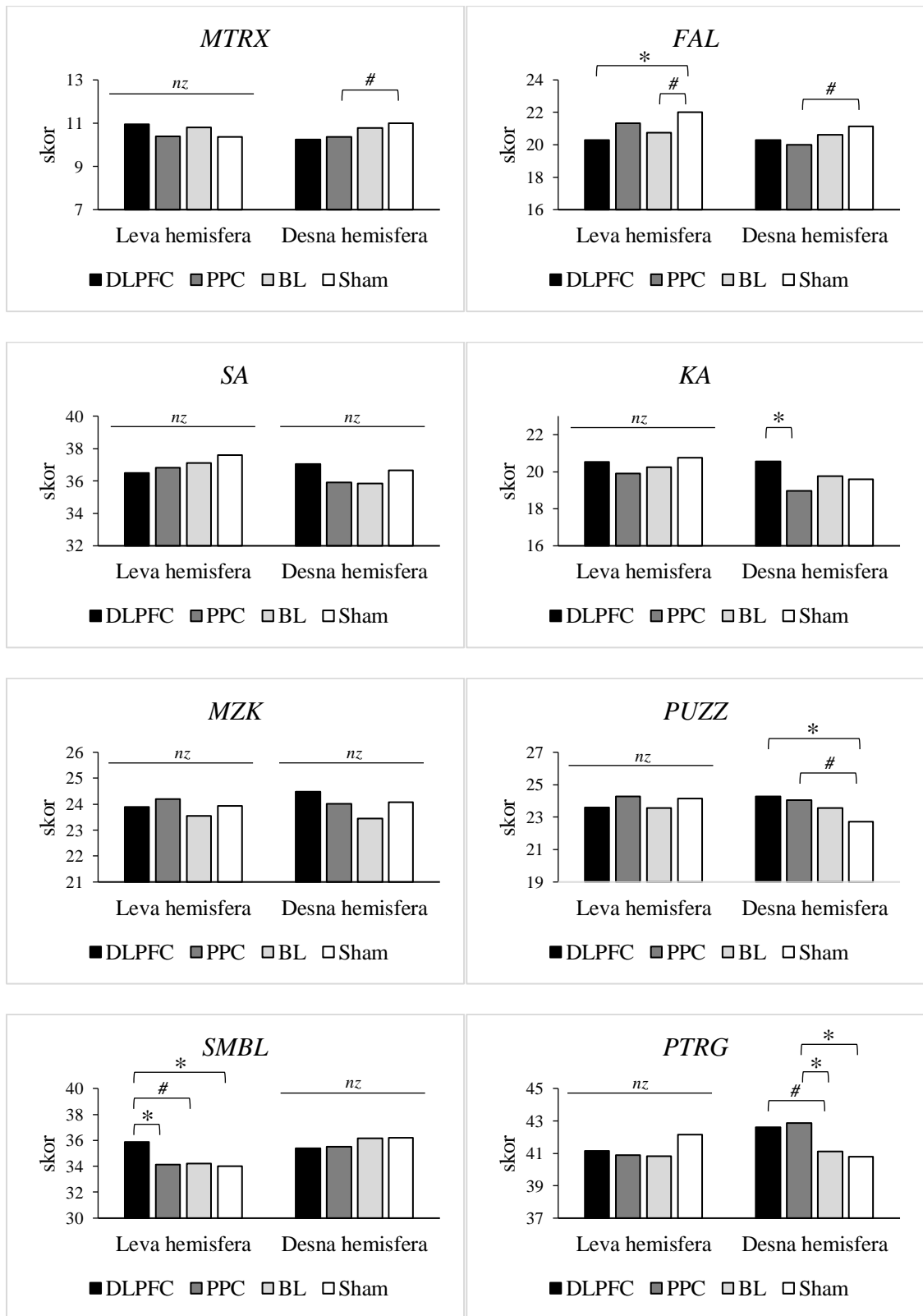
Tabela 51

Glavni efekti GRUPE (leva i desna hemisfera), TRETMANA (stimulacija DLPFC, PPC, BL i sham) i njihove interakcije, sa opštim kontrastima tri tretmana u odnosu na sham za vreme reakcije (RT) na zadacima egzekutivnih funkcija (nastavak)

	unutargrupni/međugrupni efekti			kontrasti				
		$F(df1, df2)$	$p$	$\eta_p^2$	$F(df1, df2)$	$p$	$\eta_p^2$	
Broj-slovo	GRUPA	1.258 (1, 40)	.269	.030				
	TRETMAN	2.183 (1.88, 75.33)	.123	.052	DLPFC – Sham	2.028 (1, 40)	.162	.048
					PPC – Sham	<b>3.085 (1, 40)</b>	<b>.087</b>	<b>.072</b>
					BL – Sham	0.584 (1, 40)	.449	.014
	GRUPA x TRETMAN	<b>2.451 (1.88, 75.33)</b>	<b>.096</b>	<b>.058</b>	DLPFC – Sham	0.535 (1, 40)	.469	.013
					PPC – Sham	0.291 (1, 40)	.593	.007
					BL – Sham	<b>4.199 (1, 40)</b>	<b>.047</b>	<b>.095</b>
Lokal-global	GRUPA	0.090 (1, 40)	.765	.002				
	TRETMAN	<b>2.658 (2.25, 90.07)</b>	<b>.069</b>	<b>.062</b>	DLPFC – Sham	<b>6.140 (1, 40)</b>	<b>.018</b>	<b>.133</b>
					PPC – Sham	1.967 (1, 40)	.168	.047
					BL – Sham	0.180 (1, 40)	.674	.004
	GRUPA x TRETMAN	0.566 (2.25, 90.07)	.590	.014	DLPFC – Sham	0.022 (1, 40)	.883	.001
					PPC – Sham	0.005 (1, 40)	.942	.000
					BL – Sham	0.811 (1, 40)	.373	.020

Napomena. DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; BL – bi-lokusna stimulacija DLPFC i PPC;  $F(df1, df2)$  –  $F$  količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

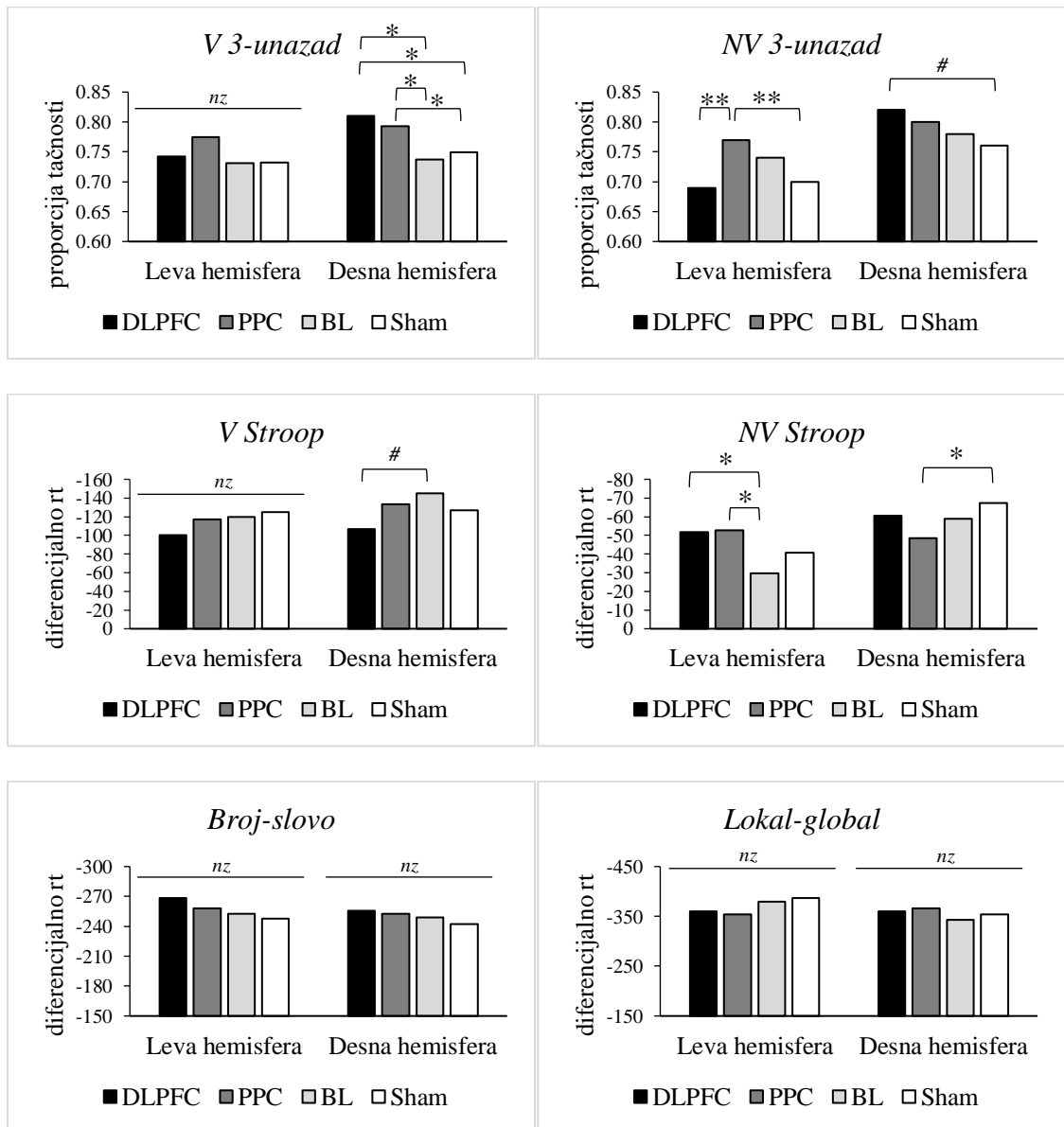
Opšti glavni efekat GRUPE nije zabeležen ni za jednu od mera, dok je opšti glavni efekat TRETMANA dobijen u slučaju mera tačnosti i vremena reakcije za tačne odgovore na verbalnom 3-unazad zadatku, kao i vremenu reakcije za verbalni Strupov zadatak. Glavni efekat TRETMANA je na nivou trenda dobijen za vreme reakcije na tačne odgovore u zadatku Lokal-global. Značajan efekat GRUPA x TRETMAN interakcije dobijen je samo u pogledu neverbalnog Strupovog zadatka, dok su interakcijski efekti na nivou trenda zabeleženi u slučaju testa Vizuelna potraga i vremena reakcije na tačne odgovore u zadatku Broj-slovo. Ipak, kako usled malog broja ispitanika, kao i velikog broja poređenja od kojih se za mnoge ne očekuju izražene razlike, pri čemu opšti efekti mogu maskirati pojedinačne efekte, opšti testovi ne pružaju potpunu sliku o efektima tretmana relevantnim za ovu studiju. U skladu sa tim sprovedeni su pojedinačni testovi razlika između svih tipova stimulacija (ANOVA) za svaku od ishodišnih mera, odvojeno za levu i desnu hemisferu. Rezultati ovih poređenja prikazani su na Slikama 24, 25, i 26.



Napomena.  $p > .10$  – nz;  $p < .10$  #;  $p < .05$  \*;  $p < .01$  \*\*

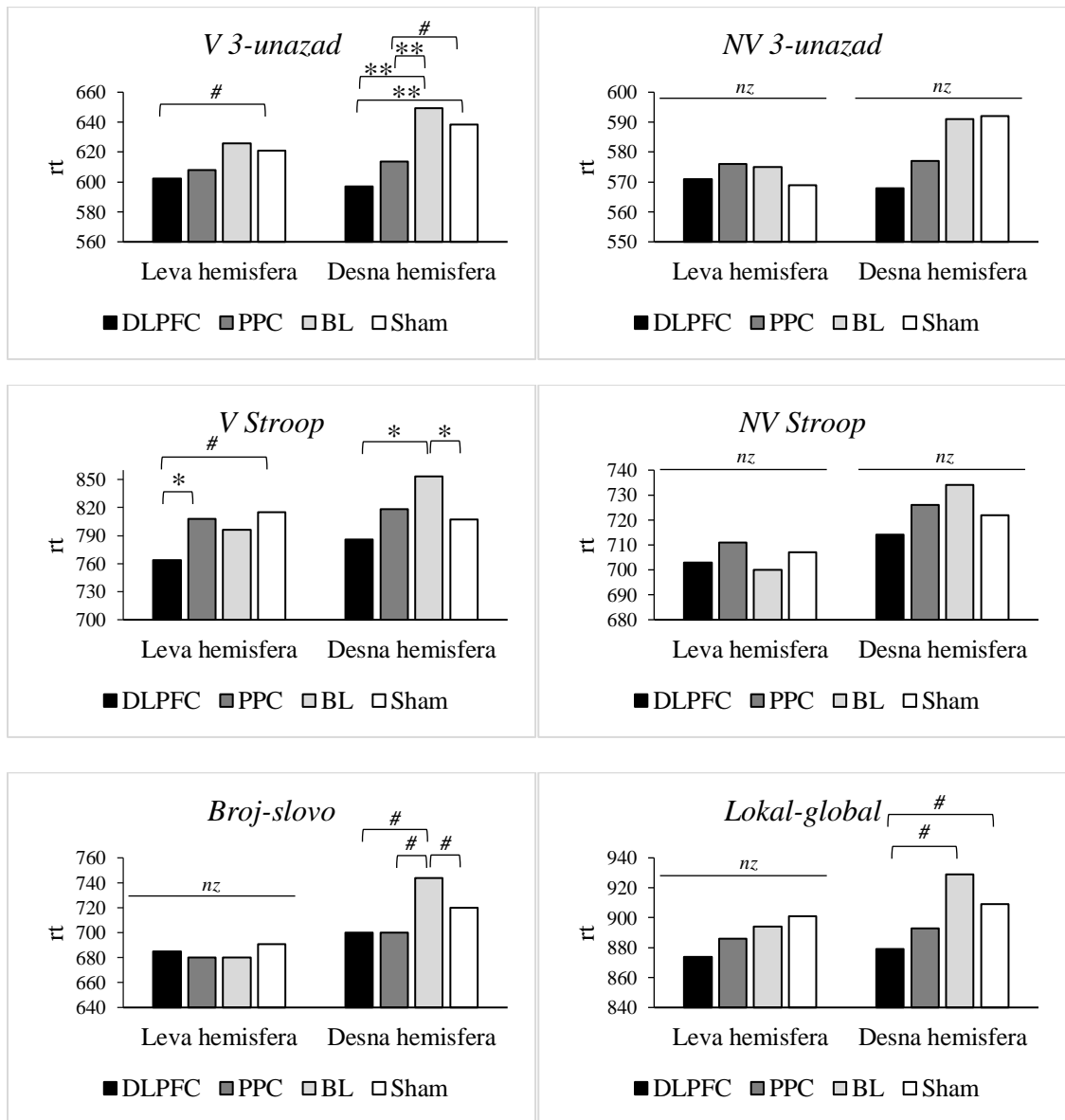
Slika 24. Efekti transkranijalne neuromodulacije lokusa leve i desne hemisfere na učinak na testovima kognitivnih sposobnosti





Napomena.  $p > .10$  – nz;  $p < .10$  #;  $p < .05$  \*;  $p < .01$  \*\*; Za zadatke inhibicije i premeštanja veće diferencijalno vreme reakcije ukazuje na slabiju sposobnost inhibicije, odnosno premeštanja

Slika 25. Efekti transkranijalne neuromodulacije lokusa leve i desne hemisfere na učinak u zadacima egzekutivnih funkcija



Napomena.  $p > .10$  – nz;  $p < .10$  #;  $p < .05$  \*;  $p < .01$  \*\*

Slika 26. Efekti transkranijalne neuromodulacije lokusa leve i desne hemisfere na vreme reakcije za tačne odgovore u zadacima egzekutivnih funkcija

U nastavku, najpre će biti izloženi rezultati efekata stimulacije leve hemisfere na sve kognitivne mere, praćeni rezultatima efekata stimulacije desne hemisfere. U ovim analizama korišćeni su planirani kontrasti (engl. *simple contrasts*) koji testiraju razlike u postignuću na pojedinačnim kognitivnim testovima nakon svake od aktivnih stimulacija u odnosu na postignuće u odgovarajućoj situaciji lažne stimulacije. Pregled svih pojedinačnih efekata aktivnih stimulacija u odnosu lažnu stimulaciju dat je u Prilogu K. Potom će biti sumirani i upoređeni efekti stimulacije anteriornih i posteriornih oblasti svake od hemisfera, kao i bi-lokusne stimulacije. Nakon toga, biće razmotreno pitanje generalnosti odnosno specifičnosti efekata neuromodulacije analiziranjem efekata stimulacije na varijansu učinka koju dati test/zadatak ne deli sa drugim relevantnim testovima, odnosno na varijansu učinka specifičnu za dati test/zadatak. Konačno, biće razmotreno pitanje učešća egzekutivnih funkcija u kogniciji višeg reda te ispitana uloga egzekutivnih funkcija u medijaciji efekata neuromodulacije na više kognitivne funkcije.

### **3.3.6.1 Stimulacija leve hemisfere**

#### *3.3.6.1.1 Efekti na kognitivne sposobnosti*

U pogledu neverbalnog testa fluidnog rezonovanja – Matrice, rezultati su pokazali da poboljšanje učinka nakon stimulacije levog DLPFC ne doseže prag statističke značajnosti [ $F(1, 20) = 2.410, p = .136, \eta_p^2 = .108$ ]. U slučaju stimulacije levog PPC [ $F(1, 20) = 0.000, p = .997, \eta_p^2 = .000$ ], kao i bi-lokusne stimulacije leve hemisfere [ $F(1, 20) = 1.717, p = .205, \eta_p^2 = .079$ ] nikakve razlike između aktivne i lažne stimulacije nisu dobijene.

Sa druge strane, rezultati su ukazali na postojanje negativnog efekta stimulacije levog DLPFC na analoško rezonovanje [ $F(1, 20) = 5.774, p = .026, \eta_p^2 = .224$ ], dok bi-lokusna stimulacija leve hemisfere ostvaruje isti efekat, marginalne značajnosti [ $F(1, 20) = 4.284, p = .052, \eta_p^2 = .176$ ]. Stimulacija levog PPC pokazala se neefikasnom u pogledu modulacije učinka na testu Analogija [ $F(1, 20) = 0.827, p = .374, \eta_p^2 = .040$ ].

Rezultati su pokazali da ni stimulacija levog DLPFC, niti bi-lokusna stimulacija leve hemisfere ne dovode do promene učinka na testu Sinonim-antonim [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.122, p = .731, \eta_p^2 = .006$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.714, p = .408, \eta_p^2 = .034$ ], dok trend u vidu smanjenja učinka na ovom testu u slučaju stimulacije levog PPC u odnosu na lažnu stimulaciju nije dosegao nivo značajnosti [PPC:  $F(1, 20) = 2.708, p = .115, \eta_p^2 = .119$ ].

U slučaju testa Kristalizovanih asocijacija pokazalo se da stimulacija nijednog od lokusa leve hemisfere ne dovodi do promene u učinku na testu u poređenju sa situacijom lažne stimulacije [DLPFC:  $F(1, 20) = 1.243, p = .278, \eta_p^2 = .058$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.642, p = .432, \eta_p^2 = .031$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.210, p = .652, \eta_p^2 = .010$ ],

Isti nalazi dobijeni su i za neverbalne testove Mozaik [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.002, p = .962, \eta_p^2 = .000$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.104, p = .751, \eta_p^2 = .005$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.260, p = .616, \eta_p^2 = .013$ ] i Slagalica [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.595, p = .450, \eta_p^2 = .029$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.026, p = .874, \eta_p^2 = .001$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.517, p = .480, \eta_p^2 = .025$ ] gde se pokazalo potpuno odsustvo efekata stimulacije za svaki od lokusa leve hemisfere.

Suprotno tome, pokazalo se da stimulacija levog DLPFC ostvaruje facilitirajući efekat na učinak u verbalnom testu kognitivne brzine – Simbol [DLPFC:  $F(1, 20) = 4.402, p = .049, \eta_p^2 = .180$ ], dok ovakvi efekti nisu zabeleženi u slučaju stimulacije levog PPC [ $F(1, 20) = 0.020, p = .888, \eta_p^2 = .001$ ], kao ni bi-lokusne stimulacije leve hemisfere [ $F(1, 20) = 0.081, p = .779, \eta_p^2 = .004$ ].

Konačno, u pogledu neverbalnog testa Vizuelna potraga nisu dobijeni efekti mono-lokusnih stimulacija leve hemisfere [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.773, p = .390, \eta_p^2 = .037$ ; PPC:  $F(1, 20) = 1.846, p = .189, \eta_p^2 = .084$ ], dok je ustanovljen trend blagog pada učinka nakon bi-lokusne u poređenju sa lažnom stimulacijom, ali je taj trend ostao ispod nivoa statističke značajnosti [ $F(1, 20) = 2.601, p = .122, \eta_p^2 = .115$ ].

#### 3.3.6.1.2 Efekti na egzekutivne funkcije

Rezultati su pokazali da ni stimulacija levog DLPFC [ $F(1, 20) = 0.082, p = .778, \eta_p^2 = .004$ ], niti bi-lokusna stimulacija leve hemisfere [ $F(1, 20) = 0.001, p = .973, \eta_p^2 = .000$ ] ne ostvaruju efekte na učinak u verbalnom zadatku ažuriranja. Takođe, izvesno poboljšanje učinka na ovom zadatku u situaciji stimulacije levog PPC u poređenju sa lažnom situacijom nije doseglo nivo značajnosti [ $F(1, 20) = 2.392, p = .138, \eta_p^2 = .107$ ]. Sa druge strane, u pogledu vremena reakcije za tačne odgovore, na nivou trenda je zabeležen pozitivan efekat stimulacije levog DLPFC [ $F(1, 20) = 3.974, p = .060, \eta_p^2 = .166$ ], ali ne i levog PPC [ $F(1, 20) = 1.287, p = .270, \eta_p^2 = .060$ ], kao ni bi-lokusne stimulacije [ $F(1, 20) = 0.170, p = .685, \eta_p^2 = .008$ ].

Stimulacija levog PPC ostvaruje relativno snažan pozitivan efekat na učinak u neverbalnom zadatku ažuriranja [ $F(1, 20) = 8.087, p = .010, \eta_p^2 = .288$ ], dok efekti

stimulacije levog DLPFC [ $F(1, 20) = 0.121, p = .731, \eta_p^2 = .006$ ] i bi-lokusne stimulacije leve hemisfere [ $F(1, 20) = 1.164, p = .293, \eta_p^2 = .055$ ] u potpunosti izostaju. Sa druge strane, za ovaj zadatak nisu dobijeni efekti na vreme reakcije prilikom stimulacije lokusa leve hemisfere [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.032, p = .860, \eta_p^2 = .002$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.247, p = .625, \eta_p^2 = .012$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.239, p = .630, \eta_p^2 = .012$ ].

Iako postoji apsolutno skraćenje diferencijalnog vremena reakcije u situaciji stimulacije levog DLPFC na verbalnom Strupovom zadatku, ono ne doseže statističku značajnost [ $F(1, 20) = 2.281, p = .147, \eta_p^2 = .102$ ], dok je u slučaju stimulacije levog PPC [ $F(1, 20) = 0.103, p = .752, \eta_p^2 = .005$ ], kao i bi-lokusne stimulacije leve hemisfere [ $F(1, 20) = 0.117, p = .736, \eta_p^2 = .006$ ] zabeleženo potpuno odsustvo razlika u poređenju sa lažnom stimulacijom. Slično tome, rezultati su pokazali da stimulacija DLPFC leve hemisfere na nivou trenda dovodi do ubrzanja u vremenu reakcije za tačne odgovore u verbalnom Strupovom zadatku [ $F(1, 20) = 3.828, p = .065, \eta_p^2 = .161$ ], dok stimulacija PPC [ $F(1, 20) = 0.080, p = .781, \eta_p^2 = .004$ ] i bi-lokusna stimulacija leve hemisfere [ $F(1, 20) = 1.001, p = .329, \eta_p^2 = .048$ ] ne dovode do promena u vremenu reakcije u poređenju sa lažnom stimulacijom.

Niti u jednoj od tri situacije stimulacije leve hemisfere nije dobijena razlika u diferencijalnom vremenu reakcije između aktivne i lažne stimulacije u pogledu postignuća na neverbalnom Strupovom zadatku [DLPFC:  $F(1, 20) = 1.556, p = .227, \eta_p^2 = .072$ ; PPC:  $F(1, 20) = 1.168, p = .293, \eta_p^2 = .055$ ; BL:  $F(1, 20) = 1.286, p = .270, \eta_p^2 = .060$ ]. Isti rezultati dobijeni su i u pogledu jednostavnog vremena reakcije u ovom zadatku [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.195, p = .663, \eta_p^2 = .010$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.262, p = .615, \eta_p^2 = .013$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.743, p = .399, \eta_p^2 = .036$ ].

Slično tome, pokazalo se da stimulacija lokusa leve hemisfere ne dovodi do bihejvioralnih posledica u vidu smanjenja diferencijalnog vremena reakcije između mono- i hetero-blokova u verbalnom zadatku premeštanja Broj slovo [DLPFC:  $F(1, 20) = 1.269, p = .273, \eta_p^2 = .060$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.793, p = .384, \eta_p^2 = .038$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.139, p = .713, \eta_p^2 = .007$ ]. Dodatno, rezultati su pokazali da stimulacija leve hemisfere ne dovodi ni do promena u jednostavnom vremenu reakcije u ovom zadatku u poređenju sa lažnom stimulacijom [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.344, p = .564, \eta_p^2 = .017$ ; PPC:  $F(1, 20) = 1.528, p = .231, \eta_p^2 = .071$ ; BL:  $F(1, 20) = 1.165, p = .293, \eta_p^2 = .055$ ].

Kao i u slučaju verbalnog zadatka, kod neverbalnog zadatka premeštanja nisu utvrđene nikakve razlike u diferencijalnom vremenu reakcije između tri situacije stimulacije leve hemisfere u odnosu na lažnu stimulaciju [DLPFC:  $F(1, 20) = 1.543, p = .229, \eta_p^2 = .072$ ; PPC:  $F(1, 20) = 1.965, p = .176, \eta_p^2 = .089$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.105, p = .749, \eta_p^2 = .005$ ]. Slično tome, u pogledu jednostavnog vremena reakcije u neverbalnom zadatku premeštanja pokazalo se da ubrzanje u vremenu reakcije nakon stimulacije levog DLPFC ne doseže statističku značajnost [ $F(1, 20) = 2.550, p = .126, \eta_p^2 = .113$ ], pri čemu efekti stimulacije levog PPC [ $F(1, 20) = 1.527, p = .231, \eta_p^2 = .071$ ], kao i bi-lokusne stimulacije anteriornih i posteriornih oblasti leve hemisfere u potpunosti izostaju [ $F(1, 20) = 0.277, p = .604, \eta_p^2 = .014$ ].

### **3.3.6.2 Stimulacija desne hemisfere**

#### *3.3.6.2.1 Efekti na kognitivne sposobnosti*

U skladu sa značajnim interakcijskim efektom na testu Matrica, tj. diferencijalnim efektima stimulacije DLPFC u poređenju sa lažnom situacijom u zavisnosti od hemisfere koja je stimulirana (Tabela 49), zabeležen je trend suprotnog smera u odnosu na onaj dobijen prilikom stimulacije levog DLPFC. Naime, pokazalo se da stimulacija desne prefrontalne oblasti ima potencijal da umanjí učinak na neverbalnom zadatku fluidnih sposobnosti [ $F(1, 20) = 2.620, p = .121, \eta_p^2 = .116$ ]. Takođe, pokazalo se da stimulacija desnog PPC, na nivou trenda uzrokuje umanjjenje učinka u ovom zadatku u poređenju sa situacijom lažne stimulacije [ $F(1, 20) = 3.019, p = .098, \eta_p^2 = .131$ ]. Ipak, ovde treba naglasiti da nijedan od pomenutih efekata nije dosegao statističku značajnost. Sa druge strane, slično kao i u pogledu leve hemisfere, bi-lokusna stimulacija desne hemisfere pokazala se u potpunosti neefikasnom [ $F(1, 20) = 0.209, p = .652, \eta_p^2 = .010$ ].

Za razliku od negativnih efekata utvrđenih prilikom stimulacije anteriornih oblasti i bi-lokusne stimulacije leve hemisfere, pokazalo se da stimulacija desnog DLPFC [ $F(1, 20) = 1.625, p = .217, \eta_p^2 = .075$ ], kao i simultana stimulacija DLPFC i PPC desne hemisfere ne ostvaruju efekte na učinak na testu Analogija [ $F(1, 20) = 0.395, p = .537, \eta_p^2 = .019$ ]. Sa druge strane, pokazalo se da stimulacija desnog PPC, na nivou trenda ostvaruje negativan efekat na učinak u zadacima Analogija [ $F(1, 20) = 3.314, p = .084, \eta_p^2 = .142$ ].

Kao i u slučaju leve hemisfere, stimulacija nijednog od lokusa desne hemisfere nije rezultovala promenom učinka na testu Sinonim-antonim u poređenju sa lažnom stimulacijom [DLPFC:  $F(1, 20) = 2.134, p = .160, \eta_p^2 = .096$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.797, p = .383, \eta_p^2 = .038$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.060, p = .810, \eta_p^2 = .003$ ]. Isti nalazi dobijeni su i u pogledu drugog testa *Gc* – Kristalizovanih asocijacija [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.164, p = .690, \eta_p^2 = .008$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.555, p = .465, \eta_p^2 = .027$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.718, p = .407, \eta_p^2 = .035$ ].

U pogledu neverbalnog testa Mozaik nije utvrđen efekat neuromodulacije niti jednog od stimulisanih lokusa desne hemisfere [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.322, p = .577, \eta_p^2 = .016$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.004, p = .947, \eta_p^2 = .000$ ; BL:  $F(1, 20) = 2.129, p = .160, \eta_p^2 = .096$ ].

Sa druge strane, a u skladu sa interakcijskim efektom između faktora hemisfere i stimulacije DLPFC i lažne stimulacije, u pogledu testa Slagalica (Tabela 49) pokazalo se da stimulacija desnog DLPFC, za razliku od stimulacije istog lokusa leve hemisfere ostvaruje pozitivan efekat na učinak na ovom testu [ $F(1, 20) = 4.937, p = .038, \eta_p^2 = .198$ ]. Na nivou trenda detektovan je efekat istog smera u situaciji stimulacije desnog PPC [ $F(1, 20) = 3.315, p = .084, \eta_p^2 = .142$ ], dok razlike između bi-lokusne stimulacije desne hemisfere i lažne stimulacije nisu ustanovljene [ $F(1, 20) = 1.162, p = .294, \eta_p^2 = .055$ ].

Sa druge strane pokazalo se da stimulacija nijednog od tri lokusa desne hemisfere ne dovodi do promena u učinku na verbalnom testu kognitivne brzine Simbol u poređenju sa lažnom situacijom [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.609, p = .444, \eta_p^2 = .030$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.475, p = .499, \eta_p^2 = .023$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.003, p = .957, \eta_p^2 = .000$ ].

Planirani kontrasti prikazani u Tabeli 49 pokazali su da se efekat stimulacije PPC u poređenju sa lažnom stimulacijom u pogledu učinka na testu Vizuelna potraga razlikuje u zavisnosti od toga koja hemisfera je stimulisana. U skladu sa dobijenim interakcijskim efektom pokazalo se da za razliku od stimulacije levog PPC koja nije dovela ni do kakvih bihevioralnih efekata, nakon stimulacije analogne oblasti desne hemisfere dolazi do poboljšanja učinka na ovom testu [ $F(1, 20) = 4.774, p = .041, \eta_p^2 = .193$ ]. Slična tendencija, koja međutim ne doseže prag statističke značajnosti opservirana je i u slučaju stimulacije desnog DLPFC [ $F(1, 20) = 2.664, p = .118, \eta_p^2 = .118$ ]. Sa druge strane, između lažne stimulacije i bi-lokusne stimulacije desne hemisfere nisu detektovane nikakve razlike u učinku [ $F(1, 20) = 0.110, p = .774, \eta_p^2 = .005$ ].

### 3.3.6.2.2 *Efekti na egzekutivne funkcije*

Rezultati su pokazali da mono-lokusna stimulacija desnog DLPFC [ $F(1, 20) = 6.938, p = .016, \eta_p^2 = .258$ ], kao i desnog PPC [ $F(1, 20) = 4.381, p = .049, \eta_p^2 = .180$ ] dovodi do poboljšanja učinka u verbalnom testu ažuriranja, dok efekti bi-lokusne stimulacije desne hemisfere na učinak u ovom zadatku izostaju [ $F(1, 20) = 0.270, p = .609, \eta_p^2 = .013$ ]. Dodatno, pokazalo se da stimulacija desnog DLPFC dovodi do ubrzanja u vremenu reakcije za tačne odgovore u ovom zadatku [ $F(1, 20) = 8.169, p = .010, \eta_p^2 = .290$ ]. Takođe, dobijeno je da stimulacija desnog PPC, na nivou trenda, dovodi do ubrzanja u vremenu reakcije [ $F(1, 20) = 3.958, p = .060, \eta_p^2 = .165$ ], dok bi-lokusna stimulacija desne hemisfere ne dovodi do promena u vremenu reakcije u odnosu na lažnu stimulaciju [ $F(1, 20) = 0.621, p = .440, \eta_p^2 = .030$ ].

Suprotno tome, efekat stimulacije desnog DLPFC na učinak u neverbalnom zadatku ažuriranja informacija u radnoj memoriji opserviran je samo na nivou trenda [ $F(1, 20) = 3.025, p = .097, \eta_p^2 = .131$ ], dok se učinak u ovom zadatku prilikom stimulacije PPC u još manjoj meri razlikovao od lažne stimulacije [ $F(1, 20) = 2.238, p = .150, \eta_p^2 = .101$ ]. Slično kao i u slučaju simultane stimulacije oblasti leve hemisfere, izostao je bilo kakav efekat na postignuće u situaciji bi-lokusne stimulacije desne hemisfere [ $F(1, 20) = 0.197, p = .662, \eta_p^2 = .010$ ]. Ubrzanje u vremenu reakcije u ovom zadatku nakon stimulacije stimulacije desnog DLPFC [ $F(1, 20) = 2.637, p = .120, \eta_p^2 = .116$ ] i PPC [ $F(1, 20) = 2.263, p = .148, \eta_p^2 = .102$ ], nije doseglo statističku značajnost. U slučaju bi-lokusne stimulacije desne hemisfere efekat na vreme reakcije, takođe, nije zabeležen [ $F(1, 20) = 0.002, p = .969, \eta_p^2 = .000$ ].

Efekti aktivnih stimulacija desne hemisfere nisu zabeleženi u slučaju diferencijalnog vremena reakcije u klasičnom verbalnom Strupovom zadatku [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.865, p = .363, \eta_p^2 = .041$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.126, p = .726, \eta_p^2 = .006$ ; BL:  $F(1, 20) = 1.100, p = .307, \eta_p^2 = .052$ ]. Takođe, pokazalo se da stimulacija DLPFC [ $F(1, 20) = 1.059, p = .316, \eta_p^2 = .050$ ] i PPC desne hemisfere [ $F(1, 20) = 0.225, p = .640, \eta_p^2 = .011$ ] ne moduliraju brzinu odgovora u ovom zadatku. Ipak, bi-lokusna stimulacija desne hemisfere dovela je do duže latence u vremenu reakcije u poređenju sa lažnom stimulacijom [ $F(1, 20) = 5.333, p = .032, \eta_p^2 = .211$ ].

Odsustvo efekata na diferencijalno vreme reakcije u neverbalnom Strupovom zadatku opservirano je u slučaju stimulacije desnog DLPFC [ $F(1, 20) = 0.516, p = .481,$



$\eta_p^2 = .025$ ], kao i bi-lokusne stimulacije desne hemisfere [ $F(1, 20) = 0.578, p = .456, \eta_p^2 = .028$ ]. U skladu sa interakcijskim efektom (Tabela 50) pokazalo se da stimulacija PPC oblasti u poređenju sa lažnom stimulacijom dovodi do diferencijalnih efekata u zavisnosti od hemisfere koja je stimulisana. Naime, za razliku od odsustva efekta stimulacije levog PPC, detektovan je relativno snažan efekat facilitacije učinka u neverbalnom zadatku inhibicije nakon stimulacije desnog PPC u poređenju sa lažnom stimulacijom [ $F(1, 20) = 5.750, p = .026, \eta_p^2 = .223$ ]. Efekti na jednostavno vreme reakcije za tačne odgovore izostali su u pogledu obe mono-lokusne, kao i bi-lokusne stimulacije desne hemisfere [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.554, p = .466, \eta_p^2 = .027$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.103, p = .752, \eta_p^2 = .005$ ; BL:  $F(1, 20) = 2.193, p = .154, \eta_p^2 = .099$ ].

Konačno, pokazalo se da stimulacija nijednog od lokusa desne hemisfere ne dovodi do promene u diferencijalnom vremenu reakcije u poređenju sa lažnom stimulacijom kako u pogledu verbalnog zadatka premeštanja [DLPFC:  $F(1, 20) = 1.035, p = .321, \eta_p^2 = .049$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.519, p = .480, \eta_p^2 = .025$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.233, p = .634, \eta_p^2 = .012$ ], tako i u pogledu neverbalnog zadatka premeštanja [DLPFC:  $F(1, 20) = 0.085, p = .774, \eta_p^2 = .004$ ; PPC:  $F(1, 20) = 0.217, p = .646, \eta_p^2 = .011$ ; BL:  $F(1, 20) = 0.146, p = .707, \eta_p^2 = .007$ ]. Slično kao i u slučaju leve hemisfere, pokazalo se da u pogledu verbalnog zadatka premeštanja stimulacije DLPFC i PPC ne dovode do promena u jednostavnom vremenu reakcije [DLPFC:  $F(1, 20) = 1.782, p = .197, \eta_p^2 = .082$ ; PPC:  $F(1, 20) = 1.739, p = .202, \eta_p^2 = .080$ ], pri čemu je u situaciji bi-lokusne stimulacije desne hemisfere zabeležen trend usporavanja vremena reakcije u poređenju sa lažnom stimulacijom [ $F(1, 20) = 3.064, p = .095, \eta_p^2 = .133$ ]. Ubrzanje u jednostavnom vremenu reakcije u neverbalnom zadatku premeštanja opservirano je na nivou trenda nakon stimulacije desnog DLPFC u poređenju sa lažnom stimulacijom [ $F(1, 20) = 3.685, p = .069, \eta_p^2 = .156$ ], dok, kao i u slučaju stimulacije oblasti leve hemisfere nikakve razlike u poređenju sa lažnom stimulacijom nisu ustanovljene u slučaju stimulacije PPC [ $F(1, 20) = 0.766, p = .392, \eta_p^2 = .037$ ], kao ni bi-lokusne stimulacije [ $F(1, 20) = 0.552, p = .466, \eta_p^2 = .027$ ].

### 3.3.6.3 Poređenje efekata anteriorne i posteriorne stimulacije

Kako bi se napravilo direktno poređenje efekata anteriorne i posteriorne stimulacije sproveden je niz *post-hoc* testova koji su cilj imali evaluaciju efekata ovih stimulacija, kao i poređenje mono-lokusnih stimulacija sa bi-lokusnom stimulacijom. U

Tabeli 52 prikazana su poređenja između situacija stimulacije anteriornih i posteriornih oblasti, kao i svake od mono-lokusnih i bi-lokusne stimulacije za svaki od korišćenih testova kognitivnih sposobnosti i zadataka egzekutivnih funkcija, odvojeno po hemisferama.

Tabela 52

*Razlike u učinku na testovima kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija između tri aktivne stimulacije*

grupa	test/zadatak	DLPFC – PPC			DLPFC – BL			PPC – BL		
		F	p	$\eta_p^2$	F	p	$\eta_p^2$	F	p	$\eta_p^2$
Leva hemisfera	MTRX	1.329	.263	.062	0.167	.687	.008	0.734	.402	.035
	FAL	2.137	.159	.097	0.468	.502	.023	0.527	.476	.026
	SA	0.189	.668	.009	0.419	.525	.021	0.196	.663	.010
	KA	0.978	.335	.047	0.214	.648	.011	0.303	.588	.015
	MZK	0.286	.598	.014	0.402	.533	.020	1.632	.216	.075
	PUZZ	1.085	.310	.051	0.001	.976	.000	0.926	.348	.044
	SMBL	<b>4.643</b>	<b>.044</b>	<b>.188</b>	<b>3.073</b>	<b>.095</b>	<b>.133</b>	0.009	.927	.000
	PTRG	0.101	.754	.005	0.115	.738	.006	0.005	.943	.000
	V 3-unazad	1.940	.179	.088	0.110	.774	.005	2.604	.122	.115
	NV 3-unazad	<b>9.834</b>	<b>.005</b>	<b>.330</b>	1.928	.180	.088	0.752	.396	.036
	V Stroop	0.753	.396	.036	0.674	.421	.033	0.009	.927	.000
	NV Stroop	0.019	.893	.001	<b>4.922</b>	<b>.038</b>	<b>.197</b>	<b>6.493</b>	<b>.019</b>	<b>.245</b>
	Broj-slovo	0.593	.450	.029	0.833	.372	.040	0.190	.668	.009
	Lokal-global	0.088	.769	.004	0.731	.403	.035	1.303	.267	.061
Desna hemisfera	MTRX	0.092	.764	.005	2.381	.138	.106	1.267	.274	.060
	FAL	0.112	.742	.006	0.147	.706	.007	0.310	.584	.015
	SA	2.741	.113	.121	1.801	.195	.083	0.003	.956	.000
	KA	<b>4.413</b>	<b>.049</b>	<b>.181</b>	0.965	.338	.046	0.988	.332	.047
	MZK	0.458	.506	.022	2.494	.130	.111	0.545	.469	.027
	PUZZ	0.119	.734	.006	0.832	.373	.040	0.282	.602	.014
	SMBL	0.017	.897	.001	1.194	.288	.056	0.637	.434	.031
	PTRG	0.111	.742	.006	<b>3.361</b>	<b>.082</b>	<b>.144</b>	<b>4.630</b>	<b>.044</b>	<b>.188</b>
	V 3-unazad	1.503	.234	.070	<b>7.725</b>	<b>.012</b>	<b>.279</b>	<b>4.425</b>	<b>.048</b>	<b>.181</b>
	NV 3-unazad	0.511	.483	.025	1.895	.184	.087	0.637	.434	.031
	V Stroop	2.613	.122	.116	2.893	.104	.126	0.439	.515	.021
	NV Stroop	1.542	.229	.072	0.020	.890	.001	1.279	.272	.060
	Broj-slovo	0.092	.764	.005	0.222	.642	.011	0.049	.827	.002
	Lokal-global	0.082	.777	.004	0.375	.547	.018	0.430	.519	.021

*Napomena.* MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; V 3-unazad – verbalni 3-unazad; NV 3-unazad – neverbalni 3-unazad; V Stroop – verbalni Stroopov zadatak; NV Stroop – neverbalni Stroopov zadatak; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; BL – bi-lokusna stimulacija DLPFC i PPC; F – F količnik;  $df1 = 1$ ;  $df2 = 20$ ;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

U pogledu testa Fluidnih analogija za koje je prethodno utvrđen efekat pada učinka u situacijama stimulacije levog DLPFC i bi-lokusne u poređenju sa lažnom stimulacijom, pokazalo se da ne postoje razlike između tri aktivne stimulacije, upućujući na zaključak da iako levi DLPFC verovatno ima presudan značaj u izvedbi ovog testa, dobijeni efekat potencijalno nije visoko specifičan za ovu regiju. Sa druge strane, u

pogledu testa Simbol, za koji se pokazalo da stimulacija levog DLPFC vodi poboljšanju učinka u poređenju sa lažnom stimulacijom, dobijeno je da su efekti ovog vida stimulacije, visoko specifični za prefrontalne oblasti, budući da su efekti stimulacije DLPFC značajno izraženiji od onih dobijenih nakon stimulacije levog PPC i bi-lokusne stimulacije leve hemisfere (na nivou trenda).

U pogledu neverbalnog zadatka ažuriranja pokazalo se da je efekat stimulacije levog PPC visoko specifičan za ovu oblast budući da je ustanovljena značajna razlika između stimulacije levog PPC i DLPFC, ali ne i bi-lokusne stimulacije koja uključuje pomenutu regiju od značaja. Takođe, pokazalo se da mono-lokusne stimulacije prefrontalnih i parijetalnih oblasti leve hemisfere dovode do slabijeg učinka u neverbalnom zadatku inhibicije u poređenju sa bi-lokusnom stimulacijom. Drugim rečima, pokazalo se da intenzivnija stimulacija pojedinačnih oblasti za zadatak irelevantne hemisfere dovodi do pada u učinku u poređenju sa simultanom stimulacijom istih oblasti strujom slabijeg intenziteta.

Kada je u pitanju desna hemisfera, pokazalo se da stimulacija desnog DLPFC dovodi do poboljšanja u učinku na testu Kristalizovanih asocijacija u poređenju sa stimulacijom PPC, dok između ostalih aktivnih stimulacija nisu uočene razlike. Budući da je prethodno pokazano da se ovaj tip stimulacije ne razlikuje od lažne stimulacije dobijena razlika se čini teško interpretabilnom. Značajan efekat na postignuće na testu Slagalica ustanovljen nakon stimulacije desnog DLPFC kao i desnog PPC (na nivou trenda) pokazao se nespecifičnim budući da nikakve razlike nisu ustanovljene između tri tipa aktivne stimulacije. Slična je situacija sa trend-nivo efektom stimulacije desnog PPC i DLPFC na učinak u neverbalnom testu kognitivne brzine (Vizuelna pretraga), budući da se pokazalo da razlika u postignuću nakon stimulacije ova dva lokusa izostaje. Dodatno, pokazalo se da je postignuće na ovom testu značajno bolje nakon stimulacije PPC nego bi-lokusne stimulacije, kao i nakon DLPFC u odnosu na bi-lokusnu stimulaciju (na nivou trenda).

Konačno, u pogledu verbalnog zadatka ažuriranja pokazalo se da se efekti DLPFC i PPC desne hemisfere međusobno ne razlikuju u efikasnosti moduliranja postignuća, dok obe stimulacije dovode do poboljšanja učinka u odnosu na bi-lokusnu stimulaciju ove hemisfere.

Testovi razlika između tri aktivne stimulacije u pogledu jednostavnog vremena reakcije u zadacima egzekutivnih funkcija prikazani su u Tabeli 53. Tako se pokazalo se da stimulacija levog DLPFC dovodi do ubrzanja u vremenu reakcije u odnosu na stimulaciju PPC na verbalnom zadaku kognitivne inhibicije, dok razlike između ostalih lokusa aktivne stimulacije leve hemisfere na ovom zadatku nisu zabeležene. Na ostalim zadacima egzekutivnih funkcija nisu ustanovljene razlike u jednostavnom vremenu reakcije nakon stimulacije leve hemisfere.

Tabela 53

*Razlike u jednostavnom vremenu reakcije u zadacima egzekutivnih funkcija između tri aktivne stimulacije*

grupa	test/zadatak	DLPFC – PPC			DLPFC – BL			PPC – BL		
		F	p	$\eta_p^2$	F	p	$\eta_p^2$	F	p	$\eta_p^2$
Leva hemisfera	V 3-unazad	0.172	.682	.009	2.836	.108	.124	1.229	.281	.058
	NV 3-unazad	0.215	.648	.011	0.159	.694	.008	0.004	.952	.000
	V Stroop	<b>5.677</b>	<b>.027</b>	<b>.221</b>	1.336	.261	.063	0.332	.571	.016
	NV Stroop	0.881	.359	.042	0.112	.741	.006	2.070	.166	.094
	Broj-slovo	0.180	.676	.009	0.165	.689	.008	0.003	.959	.000
	Lokal-global	0.869	.362	.042	1.304	.267	.061	0.462	.505	.023
Desna hemisfera	V 3-unazad	1.487	.237	.069	<b>10.325</b>	<b>.004</b>	<b>.340</b>	<b>9.216</b>	<b>.007</b>	<b>.315</b>
	NV 3-unazad	0.648	.430	.031	2.235	.151	.101	1.192	.288	.056
	V Stroop	2.271	.147	.102	<b>6.034</b>	<b>.023</b>	<b>.232</b>	1.158	.295	.055
	NV Stroop	2.052	.167	.093	2.386	.138	.107	0.252	.621	.012
	Broj-slovo	0.000	.998	.000	<b>3.567</b>	<b>.074</b>	<b>.151</b>	<b>3.743</b>	<b>.067</b>	<b>.158</b>
	Lokal-global	0.911	.351	.044	<b>2.973</b>	<b>.100</b>	<b>.129</b>	1.516	.232	.070

*Napomena.* V 3-unazad – verbalni 3-unazad; NV 3-unazad – neverbalni 3-unazad; V Strup – verbalni Strupov zadatak; NV Strup – neverbalni Strupov zadatak; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; BL – bi-lokusna stimulacija DLPFC i PPC; F – F količnik;  $df1 = 1$ ;  $df2 = 20$ ;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

Sa druge strane, u slučaju desne hemisfere dobijeno je da se vreme reakcije za tačne odgovore u verbalnom zadatku ažuriranja skraćuje nakon stimulacije DLPFC, kao i PPC u poređenju sa bi-lokusnom stimulacijom, dok razlika u efektima ne jednostavno vreme reakcije u slučaju obe desnostrane mono-lokusne stimulacija izostaje. Takođe, pokazalo se da stimulacija desnog DLPFC dovodi do manje latence u jednostavnom vremenu reakcije u slučaju klasičnog Strupovog zadatka u poređenju sa bi-lokusnom stimulacijom, dok između preostalih parova razlike u vremenu reakcije nisu zabeležene.

Dodatno, pokazalo se da bi-lokusna stimulacija desne hemisfere, na nivou trenda dovodi do produženja jednostavnog vremena reakcije u zadatku Broj-slovo u poređenju sa izolovanim stimulacijama DLPFC i PPC, dok su razlike između dve mono-lokusne stimulacije u potpunosti izostale. Slično tome, desna bi-lokusna stimulacija, na nivou trenda, dovodi do produženja vremena reagovanja u zadatku Lokal-global u odnosu na izolovanu stimulaciju desnog DLPFC, dok razlike između ostalih parova aktivnih

stimulacija nisu dobijene.

Kako se pokazalo da bi-lokusna, u poređenju sa lažnom stimulacijom, kao i izolovanim mono-lokusnim stimulacijama ili dovodi do negativnih efekata, ili ne dovodi ni do kakvih bihejvioralnih posledica u daljim analizama ovaj tip stimulacije nije uziman u obzir.

#### **3.3.6.4 Generalnost i specifičnost efekata neuromodulacije**

Analize prikazane u ovom odeljku za cilj imaju proveru generalnosti, odnosno specifičnosti ostvarenih efekata neuromodulacije anteriornih i posteriornih moždanih regija na učinak u konkretnim testovima sposobnosti i zadacima egzekutivnih funkcija. U cilju provere generalnosti-specifičnosti ovih efekata, učinci u zadacima kognitivnih sposobnosti unutar situacija DLPFC, PPC i lažne stimulacije, najpre su zasebno podvrgnuti analizi glavnih komponenti (engl. *Principal Component Analysis, PCA*). Na ovaj način, za svaki od pomenutih tretmana, ekstrahovana je prva glavna komponenta koja sumira zajedničku varijansu testova sposobnosti, odnosno *G* faktor. Nakon toga, za oba mono-lokusna tretmana vrednosti na latentnoj dimenziji dobijenoj u situaciji lažne stimulacije korišćene su kao prediktori skora na svakoj od mono-lokusnih aktivnih stimulacija ponaosob, pri čemu su generisane rezidualne vrednosti, odnosno varijansa postignuća u situacijama dve aktivne stimulacije koja se ne može pripisati postignuću u situaciji lažne stimulacije. Na ovaj način konstruisane su dve nove varijable – promena u *G*-u nakon DLPFC stimulacije i promena u *G*-u nakon PPC stimulacije u odnosu na lažnu stimulaciju. Identičan postupak sproveden je u slučaju zadataka egzekutivnih funkcija<sup>24</sup>. Ove mere su zatim korišćene kao kovarijati u seriji analiza kovarijanse (ANCOVA).

Uključivanje kovarijata “promene u *G*-u” u testiranje razlika između aktivne i lažne stimulacije potencijalno može rezultovati: 1) neutralisanjem prethodno dobijenih efekata stimulacije datih lokusa; 2) odsustvom promena u prethodno dobijenim efektima stimulacije, 3) jačanjem inicijalnih efekata stimulacije datih lokusa. Ukoliko bi se ispostavilo da uključivanjem kovarijata dolazi do neutralisanja utvrđenih efekata

---

<sup>24</sup> Iako je ekstrakcija generalnog faktora egzekutivnih funkcija manje uobičajena nego ekstrakcija *G* faktora sposobnosti (za koji u literaturi postoji bogata empirijska evidencija), empirijski podaci jasno ukazuju na konvergenciju zadataka egzekutivnih funkcija, kao i konvergenciju faktora ekstrahovanih iz ovih zadataka, te se čini u potpunosti adekvatnim primeniti ekvivalentan pristup analizi latentne strukture testova inteligencije i egzekutivnih funkcija, a u cilju detekcije promena izazvanih tDCS u centralnim aspektima egzekutivnih procesa zajedničkim za sve tri funkcije.

stimulacije moglo bi se zaključiti da su ovi efekti na pojedinačne mere kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija globalni u smislu da su posredovani efektima na aspekte sposobnosti koje predstavljaju sržne komponente *G*-a. Sa druge strane, ukoliko bi se pokazalo da parcijalizacija zajedničke varijanse date klase testova ne dovodi ni do kakve promene u prethodno dobijenim efektima moglo bi se zaključiti da neuromodulacija targetira veoma specifične sposobnosti koje leže u osnovi učinka u datom testu/zadatku, a koje su visoko specifične za konkretni test te nezavisne od *G*-a. Konačno, ukoliko bi se ispostavilo da inicijalni efekti stimulacije na učinak u pojedinačnim zadacima nakon kontrole za promene u *G*-u jačaju, moglo bi se zaključiti da neuromodulacija pored toga što ostvaruje veoma specifične efekte na sposobnosti nezavisne od *G*-a, da su ti efekti su po svoj prilici raznorodni u smislu da nemaju dejstvo istog smera (facilitacija nasuprot inhibicije) na relevantne procese involvirane u izvedbi datog testa. Drugim rečima, u ovom slučaju pokazalo bi se da dobijene razlike u efektima na opšte sposobnosti imaju supresorski efekat na razlike u bazičnijim procesima, te da varijansa ovih razlika maskira varijansu efekata ostvarenih na bazičnijem nivou.

Zasićenja pojedinačnih testova kognitivnih sposobnosti *G*-om za tri eksperimentalne situacije prikazana su u Tabeli 54, dok Tabela 55 prikazuje zasićenja pojedinačnih zadataka egzekutivnih funkcija generalnim faktorom EF ekstrahovanim u tri eksperimentalne situacije. Kao što se može videti, generalni faktori ekstrahovani iz različitih eksperimentalnih situacija u okviru svake od grupa pokazali su sličan složaj zasićenja te sličnu varijansu komponenti. Nikakav očigledan trend u pogledu diferencijacija u zasićenjima kroz različite eksperimentalne situacije, a koji bi se mogao atribuirati vrsti stimulacije, nije zabeležen. U skladu sa tim pokazalo se da Takerovi koeficijenti kongruencije za faktore ekstrahovane iz testova kognitivnih sposobnosti za levu hemisferu iznose .994 za DLPFC i PPC stimulaciju, za DLPFC i lažnu stimulaciju .968, a za PPC i lažnu stimulaciju .978. U slučaju desne hemisfere koeficijenti kongruencije iznosili su .979 za DLPFC i PPC stimulaciju, .916 za DLPFC i lažnu stimulaciju i .950 za PPC i lažnu stimulaciju.

Tabela 54

*Zasićenja testova kognitivnih sposobnosti G-om za tri eksperimentalna tretmana*

<i>grupa</i>	<i>test</i>	<i>DLPFC</i>	<i>PPC</i>	<i>Lažna stimulacija</i>
<i>Leva hemisfera</i>	<i>MTRX</i>	.822	.760	.890
	<i>FAL</i>	.675	.693	.743
	<i>SA</i>	.588	.593	.663
	<i>KA</i>	.488	.559	.625
	<i>MZK</i>	.809	.791	.644
	<i>PUZZ</i>	.707	.764	.498
	<i>SMBL</i>	.550	.502	.537
	<i>PTRG</i>	.445	.609	.812
	$\lambda$ (%)	3.369 (42.11)	3.553 (44.42)	3.784 (47.30)
<i>Desna hemisfera</i>	<i>MTRX</i>	.692	.821	.527
	<i>FAL</i>	.686	.690	.670
	<i>SA</i>	.463	.525	.803
	<i>KA</i>	.446	.663	.613
	<i>MZK</i>	.799	.691	.705
	<i>PUZZ</i>	.755	.677	.807
	<i>SMBL</i>	.704	.687	.698
	<i>PTRG</i>	-.090	.133	.552
	$\lambda$ (%)	3.073 (38.42)	3.292 (41.15)	3.688 (46.10)

*Napomena.* *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *SA* – Sinonim-antonim; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica; *SMBL* – Simbol; *PTRG* – Vizuelna potraga; *DLPFC* – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; *PPC* – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa;  $\lambda$  – svojstvena vrednost; % – procenat varijanse testova objašnjen prvom glavnom komponentom

Pokazalo se da tri ekstrahovana *G* faktora izrazito konvergiraju u okviru obe grupe. Tako, se u pogledu leve hemisfere pokazalo da korelacija između dve latentne dimenzije ekstrahovane iz situacija aktivne stimulacije koreliraju .935 ( $p < .001$ ), za *DLPFC* i lažnu stimulaciju koeficijent korelacije iznosio je .911 ( $p < .001$ ), dok je za lažnu i *PPC* stimulaciju dobijena vrednost iznosila .928 ( $p < .001$ ). U pogledu desne hemisfere korelacija između dve ekstrahovane komponente iz situacija aktivnih stimulacija iznosila .927 ( $p < .001$ ), za *DLPFC* i lažnu stimulaciju .914 ( $p < .001$ ), i za *PPC* i lažnu stimulaciju .880 ( $p < .001$ ).

Tabela 55

Zasićenja zadataka egzekutivnih funkcija generalnim faktorom egzekutivnih funkcija za tri eksperimentalna tretmana

grupa	test	DLPFC	PPC	Lažna stimulacija
Leva hemisfera	Verbalni 3-unazad	.706	.727	.766
	Neverbalni 3-unazad	.813	.861	.814
	Verbalni Stroop	.294	.296	.574
	Neverbalni Stroop	.474	.607	.406
	Broj-slovo	.889	.781	.753
	Lokal-global	.551	.304	.787
	$\lambda$ (%)	2.564 (42.73)	2.429 (40.48)	2.930 (48.84)
Desna hemisfera	Verbalni 3-unazad	.721	.847	.685
	Neverbalni 3-unazad	.738	.753	.756
	Verbalni Stroop	.278	.677	.744
	Neverbalni Stroop	.524	-.008	.631
	Broj-slovo	.675	.518	.507
	Lokal-global	.792	.725	.711
	$\lambda$ (%)	2.499 (41.65)	2.536 (42.27)	2.756 (45.93)

Napomena. DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa;  $\lambda$  – svojstvena vrednost; % – procenat varijanse testova objašnjen prvom glavnom komponentom

Slični rezultati dobijeni su i u pogledu generalnih faktora egzekutivnih funkcija. Naime, Takerovi koeficijenti kongruencije za faktore ekstrahovane iz zadataka leve grupe iznosili su redom .982, .973, i .938, za DLPFC i PPC, DLPFC i lažnu stimulaciju i PPC i lažnu stimulaciju. Za latentne dimenzije ekstrahovane iz zadataka egzekutivnih funkcija desne grupe koeficijenti kongruencije iznosili su .903 za situacije stimulacije DLPFC i PPC, za DLPFC i lažnu stimulaciju .951, i za PPC i lažnu stimulaciju .912.

Dodatno, pokazalo da u slučaju leve hemisfere dve komponente ekstrahovane iz situacija aktivne stimulacije koreliraju .923 ( $p < .001$ ), za lažnu i DLPFC korelacija je iznosila .903 ( $p < .001$ ), a za PPC i lažnu stimulaciju .904 ( $p < .001$ ). Sa druge strane, u slučaju desne hemisfere dobijene su nešto niže, ali i dalje visoke vrednosti povezanosti. Naime, generalni faktori ekstrahovani iz dve aktivne stimulacije korelirali su .765 ( $p < .001$ ), za DLPFC i lažnu stimulaciju .819 ( $p < .001$ ) i za lažnu i PPC stimulaciju koeficijent korelacije iznosio je .818 ( $p < .001$ ).

Razlike između DLPFC i PPC stimulacije u poređenju sa lažnom situacijom nakon parcijalizacije promene u  $G$ -u, odnosno promene u generalnom faktoru egzekutivnih funkcija, za svaki od testova sposobnosti i zadataka egzekutivnih funkcija prikazani su odvojeno po eksperimentalnim grupama u Tabeli 56.



Tabela 56

Razlike između situacija neuromodulacije anteriornih i posteriornih lokusa i lažne stimulacije nakon parcijalizacije promena u G-u i generalnom faktoru egzekutivnih funkcija

grupa	test	lokus stimulacije	kontrola za G reziduala		
			F	p	$\eta^2$
Leva hemisfera	MTRX	DLPFC	<b>4.832</b>	<b>.041</b>	<b>.203</b>
		PPC	0.000	.996	.000
	FAL	DLPFC	<b>5.983</b>	<b>.024</b>	<b>.239</b>
		PPC	0.907	.353	.046
	SA	DLPFC	1.196	.288	.059
		PPC	0.801	.382	.040
	KA	DLPFC	0.122	.731	.006
		PPC	2.703	.117	.125
	MZK	DLPFC	0.003	.961	.000
		PPC	0.101	.754	.005
	PUZZ	DLPFC	0.689	.417	.035
		PPC	0.037	.849	.002
	SMBL	DLPFC	<b>7.280</b>	<b>.014</b>	<b>.277</b>
		PPC	0.032	.861	.002
	PTRG	DLPFC	0.849	.368	.043
		PPC	2.126	.161	.101
	Verbalni 3-unazad	DLPFC	0.084	.775	.004
		PPC	2.346	.142	.110
	Neverbalni 3-unazad	DLPFC	0.128	.724	.007
		PPC	<b>8.284</b>	<b>.010</b>	<b>.304</b>
	Verbalni Stroop	DLPFC	2.180	.156	.103
		PPC	0.121	.732	.006
	Neverbalni Stroop	DLPFC	1.736	.203	.084
		PPC	1.555	.228	.076
	Broj-slovo	DLPFC	1.854	.189	.089
		PPC	0.857	.366	.043
	Lokal-global	DLPFC	1.705	.207	.082
		PPC	1.867	.188	.089

Napomena. MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; F – F količnik;  $df1 = 1$ ;  $df2 = 20$ ;  $\eta^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

Tabela 56

Razlike između situacija neuromodulacije anteriornih i posteriornih lokusa i lažne stimulacije nakon parcijalizacije promena u *G*-u i generalnom faktoru egzekutivnih funkcija (nastavak)

grupa	test	lokus stimulacije	kontrola za <i>G</i> reziduala		
			<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta_p^2$
Desna hemisfera	MTRX	DLPFC	2.682	.118	.124
		PPC	<b>3.010</b>	<b>.099</b>	<b>.137</b>
	FAL	DLPFC	1.697	.208	.082
		PPC	<b>3.427</b>	<b>.080</b>	<b>.153</b>
	SA	DLPFC	0.171	.684	.009
		PPC	0.619	.441	.032
	KA	DLPFC	2.125	.161	.101
		PPC	1.139	.299	.057
	MZK	DLPFC	0.306	.587	.016
		PPC	0.005	.946	.000
	PUZZ	DLPFC	<b>5.657</b>	<b>.028</b>	<b>.229</b>
		PPC	<b>4.133</b>	<b>.056</b>	<b>.179</b>
	SMBL	DLPFC	0.698	.414	.035
		PPC	0.690	.416	.035
	PTRG	DLPFC	2.564	.126	.119
		PPC	<b>4.886</b>	<b>.040</b>	<b>.205</b>
	Verbalni 3-unazad	DLPFC	<b>7.084</b>	<b>.015</b>	<b>.272</b>
		PPC	<b>4.178</b>	<b>.055</b>	<b>.180</b>
	Neverbalni 3-unazad	DLPFC	<b>4.143</b>	<b>.056</b>	<b>.179</b>
		PPC	2.185	.156	.103
	Verbalni Stroop	DLPFC	0.897	.356	.045
		PPC	0.170	.684	.009
	Neverbalni Stroop	DLPFC	0.732	.403	.037
		PPC	<b>5.484</b>	<b>.030</b>	<b>.224</b>
	Broj-slovo	DLPFC	1.020	.325	.051
		PPC	0.529	.476	.027
	Lokal-global	DLPFC	0.083	.776	.004
		PPC	0.269	.610	.014

Napomena. MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalice; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; *F* – *F* količnik; *df*<sub>1</sub> = 1; *df*<sub>2</sub> = 20;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

U celini, u pogledu testova kognitivnih sposobnosti rezultati su pokazali da nakon parcijalizacije promena u *G*-u svi inicijalni efekti opstaju ili neznatno jačaju, pri čemu se efekti za koje je prethodno dobijen trend-nivo značajnosti sada ili približavaju pragu značajnosti ili ga prelaze. Tako efekti pada u učinku na testu Analogija opstaju na istom nivou, dok se efekti facilitacije učinka na testu Simbol nakon stimulacije levog DLPFC nešto povećavaju nakon parcijalizacije varijanse efekata na sve kognitivne sposobnosti. Dodatno, u slučaju leve hemisfere, pokazalo se da inicijalni trend-nivo promene u vidu poboljšanja učinka na neverbalnom testu fluidnog rezonovanja nakon parcijalizacije doseže statističku značajnost.

U slučaju desne hemisfere, pokazalo se da negativni efekat stimulacije PPC na mere fluidnog rezonovanja ostaje na trend-nivou. Takođe, pokazalo se da facilitacija učinka na testovima Slagalica nakon stimulacije desnog DLPFC i Vizuelna potraga nakon stimulacije PPC opstaju i nakon parcijalizacije za promene u generalnom faktoru. Sa druge strane, inicijalno opservirani trend-nivo facilitacije učinka na testu Slagalica u situaciji stimulacije desnog PPC nakon primenjene kontrole doseže marginalnu značajnost.

Analogni nalazi u slučaju desne hemisfere dobijeni su i u pogledu egzekutivnih funkcija. Tako se pokazalo da pozitivni efekti dobijeni u situaciji stimulacije DLPFC na ažuriranje u verbalnom domenu opstaju, dok efekti na isti zadatak dobijeni u situaciji PPC stimulacije ostaju na nivou marginalne značajnosti. Sa druge strane, prethodno utvrđeni trend-nivo efekta stimulacije desnog DLPFC na ažuriranje u neverbalnom modalitetu nakon kontrole dostiže nivo marginalne značajnosti. Konačno, kontrola za generalne efekte na egzekutivne funkcije nije imala posledice po inicijalni efekat facilitacije učinka na zadatku neverbalne kognitivne inhibicije nakon stimulacije desnog PPC.

U cilju detaljnije inspekcije prirode inicijanih efekata odvojeno su sprovedene dve dodatne analize. Naime, serijom novih ANCOVA, provereno je da li inicijalni efekti na kognitivne sposobnosti/egzekutivne funkcije opstaju nakon statističke kontrole za promene u generalnim faktorima ekstrahovanim iz svih testova/zadataka date klase, ali unutar konkretnog modaliteta, tj. nakon parcijalizacije promena u neverbalnom i verbalnom *G*-u. Ove mere izračunate su ekstrakcijom faktora iz verbalnih odnosno neverbalnih testova date klase iz tri eksperimentalne situacije te generisanjem rezidualnih vrednosti iz situacije odgovarajuće aktivne stimulacije nakon predikcije na osnovu situacije lažne stimulacije. Dodatno, za svaki od testovnih markera, zasebno je provereno da li inicijalni efekti opstaju nakon parcijalizacije varijanse promene u drugom testovnom markeru istog faktora sposobnosti/egzekutivne funkcije<sup>25</sup>.

Statistička kontrola za promenu u *G*-u ekstrahovanim iz domen-specifičnih sposobnosti ukazala je na praktično odsustvo promene u inicijalnim efektima neuromodulacije na testove kognitivnih sposobnosti. Slični nalazi dobijeni su i nakon statističke kontrole za efekte na drugom testovnom markeru istog faktora sposobnosti, sa

---

<sup>25</sup> Zbog obima, rezultati ovih analiza dati su u Prilogu L, a na ovom mestu su prikazani samo osnovni zaključci.

izuzetkom izvesnog približavanja negativnih efekata stimulacije desnog PPC statističkoj značajnosti u slučaju testova fluidnog rezonovanja nakon parcijalizacije promena u drugom testu fluidnih sposobnosti. Sa druge strane, pokazalo se da statistička kontrola za promenu u verbalnom markeru fluidnih sposobnosti nakon stimulacije desnog DLPFC vodi potpunom iščezavanju negativnog trenda na neverbalnoj meri figuralnog rezonovanja.

Uz izuzetak izvesne promene u učinku na indikatoru kognitivne inhibicije merenom u neverbalnom domenu nakon stimulacije levog PPC u vidu približavanja negativnog efekta statističkoj značajnosti pokazalo se da svi prvobitni efekti na egzekutivne funkcije nakon parcijalizacije zajedničke domen-specifične promene ostaju praktično nepromenjeni. Sa druge strane, pokazalo se da kontrola za promenu na drugoj meri iste egzekutivne funkcije dovodi do umanjenja prvobitno zabeleženih efekata na merama ažuriranja informacija u radnoj memoriji u slučaju leve hemisfere, odnosno iščezavanja ovih efekata u pogledu desne hemisfere. Za razliku od toga, nikakve promene u prvobitnom efektu na neverbalnu kognitivnu inhibiciju nisu zabeležene nakon statističke kontrole za promenu u ovoj funkciji merenoj u verbalnom modalitetu.

### ***3.3.6.5 Učešće egzekutivnih funkcija u kogniciji višeg reda***

U cilju sticanja uvida u to da li neuromodulacija svoje efekte na višu kogniciju ostvaruje direktno putem modulacije kognitivnih procesa višeg reda koji su neposredno uposleni u izvedbi složenih kognitivnih zadataka ili te efekte ostvaruje posredno, preko modulacije egzekutivnih funkcija sprovedena je serija ANCOVA. Naime, cilj ovih analiza bio je utvrđivanje toga da li dobijeni efekti neuromodulacije na višu kogniciju opstaju ukoliko se iz varijanse razlika između situacije odgovarajuće aktivne i lažne stimulacije isključi varijansa ostvarene promene na testovima egzekutivnih funkcija u analognoj situaciji.

Efekti na pojedinačne testove kognitivnih sposobnosti u situacijama stimulacije DLPFC i PPC, a nakon parcijalizacije promena na svakom od pojedinačnih zadataka egzekutivnih funkcija prikazane su u Tabelama 57 (parcijalizacija ažuriranja), 58 (parcijalizacija inhibicije), i 59 (parcijalizacija premeštanja).

Rezultati su pokazali da statistička kontrola za efekte neuromodulacije na odgovarajuće mere ažuriranja dovodi do iščezavanja efekata stimulacije na testovima

Slagalica (desni DLPFC i PPC), Vizuelna potraga (desni PPC), i Simbol (levi DLPFC). Sa druge strane, pokazalo se da promene na merama ove egzekutivne funkcije predstavljaju supresore koji prikrivaju stepen negativnih efekata stimulacije desnog DLPFC i PPC na postignuće u neverbalnom testu fluidnog rezonovanja, ali i umanjene učinka na verbalnom testu fluidnih sposobnosti nakon stimulacije desnog PPC.

Tabela 57

*Razlike između situacija neuromodulacije anteriornih i posteriornih lokusa i lažne stimulacije nakon parcijalizacije promena u merama ažuriranja*

grupa	test	lokus stimulacije	inicijalni efekti			verbalno ažuriranje			neverbalno ažuriranje		
			F	p	$\eta_p^2$	F	p	$\eta_p^2$	F	p	$\eta_p^2$
Leva hemisfera	MTRX	DLPFC	2.410	.136	.108	2.262	.149	.106	2.522	.129	.117
		PPC	0.000	.997	.000	0.003	.960	.000	0.024	.879	.001
	FAL	DLPFC	<b>5.774</b>	<b>.026</b>	<b>.224</b>	<b>5.581</b>	<b>.029</b>	<b>.227</b>	<b>5.652</b>	<b>.028</b>	<b>.229</b>
		PPC	0.827	.374	.040	0.680	.420	.035	1.253	.277	.062
	SA	DLPFC	1.243	.278	.058	1.470	.240	.072	1.166	.294	.058
		PPC	0.642	.432	.031	0.445	.513	.023	0.296	.592	.015
	KA	DLPFC	0.122	.731	.006	0.188	.669	.010	0.183	.674	.010
		PPC	2.708	.115	.119	<b>3.100</b>	<b>.094</b>	<b>.140</b>	0.969	.337	.049
	MZK	DLPFC	0.002	.962	.000	0.001	.981	.000	0.012	.914	.001
		PPC	0.104	.751	.005	0.349	.562	.018	2.183	.156	.103
	PUZZ	DLPFC	0.595	.450	.029	0.521	.479	.027	0.797	.383	.040
		PPC	0.026	.874	.001	0.613	.443	.031	0.851	.368	.043
	SMBL	DLPFC	<b>4.402</b>	<b>.049</b>	<b>.180</b>	<b>4.164</b>	<b>.055</b>	<b>.180</b>	<b>4.100</b>	<b>.057</b>	<b>.177</b>
		PPC	0.020	.888	.001	0.227	.639	.012	0.021	.885	.001
	PTRG	DLPFC	0.773	.390	.037	0.703	.412	.036	0.867	.363	.044
		PPC	1.846	.189	.084	1.763	.200	.085	0.415	.527	.021
Desna hemisfera	MTRX	DLPFC	2.620	.121	.116	<b>8.419</b>	<b>.009</b>	<b>.307</b>	<b>3.811</b>	<b>.066</b>	<b>.167</b>
		PPC	<b>3.019</b>	<b>.098</b>	<b>.131</b>	<b>5.692</b>	<b>.028</b>	<b>.231</b>	2.476	.132	.115
	FAL	DLPFC	1.625	.217	.075	1.833	.192	.088	1.336	.262	.066
		PPC	<b>3.314</b>	<b>.084</b>	<b>.142</b>	2.029	.171	.096	<b>4.224</b>	<b>.054</b>	<b>.182</b>
	SA	DLPFC	0.164	.690	.008	0.000	.989	.000	0.040	.844	.002
		PPC	0.555	.465	.027	0.942	.344	.047	<b>5.289</b>	<b>.033</b>	<b>.218</b>
	KA	DLPFC	2.134	.160	.096	<b>3.572</b>	<b>.074</b>	<b>.158</b>	2.127	.161	.101
		PPC	0.797	.383	.038	0.472	.500	.024	0.175	.681	.009
	MZK	DLPFC	0.322	.577	.016	0.007	.935	.000	0.024	.879	.001
		PPC	0.004	.947	.000	0.015	.902	.001	0.070	.794	.004
	PUZZ	DLPFC	<b>4.937</b>	<b>.038</b>	<b>.198</b>	2.577	.125	.119	<b>5.235</b>	<b>.034</b>	<b>.216</b>
		PPC	<b>3.315</b>	<b>.084</b>	<b>.142</b>	1.897	.184	.091	2.000	.173	.095
	SMBL	DLPFC	0.609	.444	.030	0.396	.537	.020	0.772	.391	.039
		PPC	0.475	.499	.023	0.541	.471	.028	0.067	.798	.004
	PTRG	DLPFC	2.664	.118	.118	2.447	.134	.114	2.635	.121	.122
		PPC	<b>4.774</b>	<b>.041</b>	<b>.193</b>	<b>3.089</b>	<b>.095</b>	<b>.140</b>	<b>4.274</b>	<b>.053</b>	<b>.184</b>

*Napomena.* MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; F – F količnik;  $df_1 = 1$ ;  $df_2 = 20$ ;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

U pogledu statističke kontrole za promenu u merama egzekutivne funkcije inhibicije izazvane stimulacijom, jedine приметnije razlike uočene su u pogledu blagog

slabljenja inicijalnih pozitivnih efekata stimulacije na učinak u testu Slagalica (desni DLPFC), kao i neznatnom jačanju prvobitnih negativnih efekata na učinak u testu Matrica u situaciji stimulacije istog lokusa.

Tabela 58

*Razlike između situacija neuromodulacije anteriornih i posteriornih lokusa i lažne stimulacije nakon parcijalizacije promena u merama inhibicije*

grupa	test	lokus stimulacije	inicijalni efekti			verbalna inhibicija			neverbalna inhibicija		
			F	p	$\eta_p^2$	F	p	$\eta_p^2$	F	p	$\eta_p^2$
Leva hemisfera	MTRX	DLPFC	2.410	.136	.108	1.826	.192	.088	1.551	.228	.075
		PPC	0.000	.997	.000	0.000	.991	.000	0.000	.996	.000
	FAL	DLPFC	<b>5.774</b>	<b>.026</b>	<b>.224</b>	<b>4.410</b>	<b>.049</b>	<b>.188</b>	<b>5.613</b>	<b>.029</b>	<b>.228</b>
		PPC	0.827	.374	.040	1.191	.289	.059	0.658	.427	.033
	SA	DLPFC	1.243	.278	.058	0.997	.331	.050	0.969	.337	.049
		PPC	0.642	.432	.031	0.684	.419	.035	0.254	.620	.013
	KA	DLPFC	0.122	.731	.006	0.079	.782	.004	0.091	.766	.005
		PPC	2.708	.115	.119	<b>3.076</b>	<b>.096</b>	<b>.139</b>	<b>3.587</b>	<b>.074</b>	<b>.159</b>
	MZK	DLPFC	0.002	.962	.000	0.822	.376	.041	0.292	.595	.015
		PPC	0.104	.751	.005	0.120	.733	.006	0.006	.939	.000
	PUZZ	DLPFC	0.595	.450	.029	1.160	.295	.058	1.246	.278	.062
		PPC	0.026	.874	.001	0.030	.863	.002	0.156	.697	.008
	SMBL	DLPFC	<b>4.402</b>	<b>.049</b>	<b>.180</b>	<b>6.547</b>	<b>.019</b>	<b>.256</b>	<b>5.024</b>	<b>.037</b>	<b>.209</b>
		PPC	0.020	.888	.001	0.027	.870	.001	0.150	.703	.008
PTRG	DLPFC	0.773	.390	.037	0.609	.445	.031	0.626	.439	.032	
	PPC	1.846	.189	.084	1.664	.213	.081	1.700	.208	.082	
Desna hemisfera	MTRX	DLPFC	2.620	.121	.116	<b>3.638</b>	<b>.072</b>	<b>.161</b>	2.144	.160	.101
		PPC	<b>3.019</b>	<b>.098</b>	<b>.131</b>	2.935	.103	.134	0.399	.535	.021
	FAL	DLPFC	1.625	.217	.075	1.296	.269	.064	1.696	.208	.082
		PPC	<b>3.314</b>	<b>.084</b>	<b>.142</b>	<b>3.362</b>	<b>.082</b>	<b>.150</b>	<b>3.584</b>	<b>.074</b>	<b>.159</b>
	SA	DLPFC	0.164	.690	.008	0.050	.825	.003	0.011	.918	.001
		PPC	0.555	.465	.027	0.487	.494	.025	0.622	.440	.032
	KA	DLPFC	2.134	.160	.096	2.664	.119	.123	1.854	.189	.089
		PPC	0.797	.383	.038	0.777	.389	.039	0.228	.638	.012
	MZK	DLPFC	0.322	.577	.016	0.580	.455	.030	0.317	.580	.016
		PPC	0.004	.947	.000	0.007	.934	.000	0.047	.830	.0020.
	PUZZ	DLPFC	<b>4.937</b>	<b>.038</b>	<b>.198</b>	<b>3.805</b>	<b>.066</b>	<b>.167</b>	<b>4.492</b>	<b>.047</b>	<b>.191</b>
		PPC	<b>3.315</b>	<b>.084</b>	<b>.142</b>	3.026	.098	.137	2.897	.105	.132
	SMBL	DLPFC	0.609	.444	.030	0.162	.691	.008	0.301	.589	.016
		PPC	0.475	.499	.023	0.617	.442	.031	0.003	.959	.000
PTRG	DLPFC	2.664	.118	.118	2.219	.153	.105	2.196	.155	.104	
	PPC	<b>4.774</b>	<b>.041</b>	<b>.193</b>	<b>4.719</b>	<b>.043</b>	<b>.199</b>	<b>5.468</b>	<b>.030</b>	<b>.223</b>	

*Napomena.* MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa F – F količnik;  $df_1 = 1$ ;  $df_2 = 20$ ;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

Konačno, statističkom kontrolom za promene do kojih je došlo u odgovarajućim merama egzekutivne funkcije premeštanja pokazalo se da negativni efekti opservirani nakon stimulacije levog DLPFC u slučaju analoškog rezonovanja prestaju da budu statistički značajni, pri čemu se pozitivni efekti na figuralno rezonovanje nakon ove kontrole približavaju nivou značajnosti. Takođe, pokazalo se da parcijalizacija promene

u odgovarajućoj meri premeštanja nakon stimulacije desnog DLPFC umanjuje pozitivan efekat stimulacije na testu Slagalica.

Tabela 59

Razlike između situacija neuromodulacije anteriornih i posteriornih lokusa i lažne stimulacije nakon parcijalizacije promena u merama premeštanja

grupa	test	lokus stimulacije	inicijalni efekti			verbalno premeštanje			neverbalno premeštanje		
			F	p	$\eta_p^2$	F	p	$\eta_p^2$	F	p	$\eta_p^2$
Leva hemisfera	MTRX	DLPFC	2.410	.136	.108	1.884	.186	.090	<b>3.742</b>	<b>.068</b>	<b>.165</b>
		PPC	0.000	.997	.000	0.000	.996	.000	0.010	.922	.001
	FAL	DLPFC	<b>5.774</b>	<b>.026</b>	<b>.224</b>	<b>4.824</b>	<b>.041</b>	<b>.202</b>	<b>4.146</b>	<b>.056</b>	<b>.179</b>
		PPC	0.827	.374	.040	0.836	.372	.042	1.443	.244	.071
	SA	DLPFC	1.243	.278	.058	1.417	.249	.069	1.023	.325	.051
		PPC	0.642	.432	.031	0.490	.493	.025	0.371	.549	.019
	KA	DLPFC	0.122	.731	.006	0.298	.591	.015	0.271	.609	.014
		PPC	2.708	.115	.119	<b>4.655</b>	<b>.044</b>	<b>.197</b>	<b>5.811</b>	<b>.026</b>	<b>.234</b>
	MZK	DLPFC	0.002	.962	.000	0.018	.895	.001	0.028	.869	.001
		PPC	0.104	.751	.005	0.059	.810	.003	0.047	.831	.002
	PUZZ	DLPFC	0.595	.450	.029	0.213	.650	.011	0.202	.658	.011
		PPC	0.026	.874	.001	0.142	.711	.007	0.266	.612	.014
	SMBL	DLPFC	<b>4.402</b>	<b>.049</b>	<b>.180</b>	<b>7.307</b>	<b>.014</b>	<b>.278</b>	<b>4.784</b>	<b>.041</b>	<b>.201</b>
		PPC	0.020	.888	.001	0.000	.983	.000	0.219	.645	.011
	PTRG	DLPFC	0.773	.390	.037	0.988	.333	.049	0.398	.536	.021
		PPC	1.846	.189	.084	1.558	.227	.076	0.687	.417	.035
Desna hemisfera	MTRX	DLPFC	2.620	.121	.116	2.710	.116	.125	2.603	.123	.120
		PPC	<b>3.019</b>	<b>.098</b>	<b>.131</b>	2.426	.136	.113	<b>3.303</b>	<b>.085</b>	<b>.148</b>
	FAL	DLPFC	1.625	.217	.075	1.294	.269	.064	1.482	.238	.072
		PPC	<b>3.314</b>	<b>.084</b>	<b>.142</b>	<b>3.044</b>	<b>.097</b>	<b>.138</b>	<b>3.259</b>	<b>.087</b>	<b>.146</b>
	SA	DLPFC	0.164	.690	.008	0.001	.980	.000	0.145	.707	.008
		PPC	0.555	.465	.027	0.594	.450	.030	0.606	.446	.031
	KA	DLPFC	2.134	.160	.096	2.181	.156	.103	2.012	.172	.096
		PPC	0.797	.383	.038	0.610	.444	.031	0.843	.370	.043
	MZK	DLPFC	0.322	.577	.016	0.303	.588	.016	0.272	.608	.014
		PPC	0.004	.947	.000	0.249	.623	.013	0.001	.982	.000
	PUZZ	DLPFC	<b>4.937</b>	<b>.038</b>	<b>.198</b>	<b>3.588</b>	<b>.074</b>	<b>.159</b>	<b>5.180</b>	<b>.035</b>	<b>.214</b>
		PPC	<b>3.315</b>	<b>.084</b>	<b>.142</b>	2.594	.124	.120	2.912	.104	.133
	SMBL	DLPFC	0.609	.444	.030	0.734	.402	.037	0.616	.442	.031
		PPC	0.475	.499	.023	0.267	.612	.014	0.658	.427	.033
	PTRG	DLPFC	2.664	.118	.118	2.776	.112	.127	2.495	.131	.116
		PPC	<b>4.774</b>	<b>.041</b>	<b>.193</b>	<b>6.155</b>	<b>.023</b>	<b>.245</b>	<b>6.913</b>	<b>.017</b>	<b>.267</b>

Napomena. MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa F – F količnik;  $df1 = 1$ ;  $df2 = 20$ ;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

U celini, rezultati ukazuju na to da kada se statistički isključi efekat koji stimulacija ostvaruje na egzekutivne funkcije, efekti na kognitivne sposobnosti se po pravilu gube. Dugim rečima, čini se da su efekti stimulacije na više kognitivne funkcije velikim delom posredovani modulacijom egzekutivnih funkcija, a pre svega egzekutivnom funkcijom ažuriranja.

## 4 DISKUSIJA

Dosadašnja empirijska građa o lokalizaciji viših kognitivnih funkcija svedoči o relativno visokoj korespondenciji nalaza o neuralnim osnovama viših kognitivnih procesa u prefrontalnim i parijetalnim regijama mozga. Naime, dve osnovne istraživačke struje u okviru kognitivnih neuronauka – studije moždanih lezija kao i NI studije govore u prilog tome da individualne razlike u intelektualnim sposobnostima počivaju na integritetu sive i bele mase fronto-parijetalne mreže. Iako veoma vredni, nalazi NI studija u biti su korelacionog karaktera te ne omogućuju nedvosmisleno donošenje kauzalnih zaključaka o lokalizaciji i diferencijalnom učešću različitih moždanih struktura u ispitivanim kognitivnim funkcijama. Sa druge strane, studije moždanih lezija ne nailaze na ovaj problem, ali usled nedovoljne fokalnosti ozleda i/ili prostorno distantnim posledicama mogu na nespecifičan način remetiti normalno funkcionisanje udaljenih regija koje mogu zapravo biti pravi neuralni substrati date funkcije/sposobnosti. Pored toga, same specifičnosti kliničke populacije često ne mogu da pruže generalizabilne zaključke o lokalizaciji viših kognitivnih funkcija.

Sa druge strane, tehnike neinvazivne neuromodulacije, poput tDCS nameću se kao potencijalna rešenja navedenih problema budući da omogućuju modulaciju relativno specifičnih lokusa zdravog mozga te daju osnovu za izvođenje kauzalnih zaključaka o neuralnim osnovama, ulozu i diferencijalnom značaju ispitivanih moždanih regija za različite egzekutivne funkcije i više kognitivne sposobnosti. Imajući u vidu da tDCS predstavlja tehniku koja je u velikoj meri ekonomična, laka za primenu i koja produkuje veoma mali broj kratkotrajnih neželjenih efekata slabog intenziteta (za razliku od npr. TMS), kao i da omogućava veću mobilnost opreme i ispitanika za vreme tretmana time povećavajući opseg korišćenja različitih mera ishoda koje nisu dostupne korišćenjem drugih tehnika (npr. fMRI) (Nitsche et al., 2008; Poreisz et al., 2007; Priori et al., 2009; Utz et al., 2010), a kako su dosadašnje studije neinvazivne neuromodulacije korišćenjem tDCS pokazale da je moguće moduirati kognitivne funkcije (vidi poglavlje Modulacija viših kognitivnih funkcija primenom tDCS: Pregled dosadašnjih studija) tDCS se nameće



kao tehnika izbora koja bi omogućila donošenje kauzalnih zaključaka o ulozi i diferencijalnom značaju različitih moždanih lokusa u višim kognitivnim funkcijama.

Ovo istraživanje upravo je imalo za cilj proveru mogućnosti modulacije egzekutivnih funkcija i kognitivnih sposobnosti korišćenjem tDCS kao tehnike za neuromodulaciju ključnih čvorišta fronto-parijetalne funkcionalne mreže i procenu diferencijalnog i specifičnog doprinosa svakog od stimulisanih lokusa u ispitivanim funkcijama/sposobnostima. Preciznije, proverom diferencijalnih efekata anodne stimulacije leve, odnosno desne hemisfere ovo istraživanje imalo je za cilj ispitivanje lateralizacije datih funkcija/sposobnosti u domen-specifičnim zadacima svake od sposobnosti/funkcija. Dodatno, ispitivanjem diferencijalnih efekata stimulacije prefrontalnih i parijetalnih, te simultane stimulacije anteriornih i posteriornih regija istraživanje je imalo za cilj da utvrdi doprinos specifičnih lokusa u ispitivanim funkcijama/sposobnostima. Konačno, ova studija imala je za cilj ispitivanje prirode povezanosti egzekutivnih funkcija i viših kognitivnih procesa dokumentovanih na psihometrijskom planu eksperimentalnom modulacijom njihovih deljenih neuralnih osnova te približavanje kauzalnom zaključivanju o učešću egzekutivnih funkcija u kogniciji višeg reda.

U cilju eksperimentalne provere mogućnosti i dometa neuromodulacije, kao i donošenja zaključaka o neuralnim osnovama i relacijama egzekutivnih funkcija i kognitivnih sposobnosti bilo je neophodno imati na raspolaganju adekvatne mere ishoda svake od sposobnosti/funkcija od interesa koje bi na ekonomičan, ali i pouzdan i validan način efikasno procenjivale sržne komponente datih sposobnosti/funkcija. Međutim, kako je većina postojećih baterija testova/zadataka namenjena proceni kognitivnih sposobnosti, odnosno egzekutivnih funkcija u jednoj vremenskoj tački i kako postojeće baterije predstavljaju relativno neekonomične instrumente početni cilj ovog istraživanja bila je konstrukcija baterija testova kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija čija bi formalna i sadržinska svojstva odgovarala ekperimentalnom dizajnu istraživanja.

Diskusija rezultata pratiće postavljene ciljeve i hipoteze, tako će prvo biti dat kratak osvrt na konstruisane instrumente i psihometrijske relacije unutar i između domena kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija, a zaitm će biti diskutovani nalazi eksperimentalnog dela studije spram postavljenih hipoteza (*H1-H8*).

## 4.1 Operacionalizacija kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija i njihove relacije na psihometrijskom planu

### 4.1.1 Mere kognitivnih sposobnosti

Kako nijedna od tradicionalnih baterija kognitivnih sposobnosti ne poseduje dovoljan korpus zadataka koji bi poslužio za selekciju setova zadataka adekvatne veličine na osnovu kojih bi bilo moguće formirati visoko paralelne forme svake od ispitivanih sposobnosti, a koji bi posedovali adekvatne psihometrijske karakteristike, u okviru ovog istraživanja, za svaki od testovnih markera četiri široka faktora sposobnosti konstruisan je veliki korpus zadataka, na osnovu kog su formirane četiri forme svakog od testova te empirijski proverena njihova paralelnost.

Pojedinačni testovi konstruisani su tako da, kako u pogledu formalnih, tako i u pogledu sadržinskih svojstava odgovaraju široko korišćenim testovima kognitivnih sposobnosti. Svaki od testova osmišljen je tako da relativno fokalno procenjuje sržne sposobnosti ispitivanih grupnih faktora, te za dati faktor ključne specifične sposobnosti (Carroll, 1993, 1997, 2005; McGrew, 1997, 2009). Na taj način testovi fluidnog rezonovanja osmišljeni su tako da procenjuju sposobnosti indukcije, generalno sekvencijalno rezonovanje, kao i brzinu rezonovanja. Testovi kristalizovanih sposobnosti osmišljeni su tako da mere opseg posedovanja informacija iz različitih domena znanja, kao i sposobnosti u domenu jezika koje obuhvataju brzinu pristupa leksičkim informacijama u dugoročnoj memoriji i elementarino leksičko znanje. U pogledu faktora vizuelnog procesiranja, konstruisani testovi osmišljeni su tako da relativno fokalno mere sposobnosti vizuelizacije, percipiranja spacijalnih relacija, ali i sposobnosti vizuelne klosure (engl. *closure*) i imaginacije. Konačno, testovi kognitivne brzine konstruisani su po ugledu na postojeće mere ovog faktora tako da procenjuju perceptivnu brzinu, donošenje jednostavnih odluka, i brzinu mentalne komparacije.

Imajući na umu konceptualne i praktične restrikcije koje nameće eksperimentalni kontekst, psihometrijske karakteristike konstruisanih baterija kognitivnih sposobnosti mogu se smatrati zadovoljavajućim budući da se pokazalo da su vrednosti pokazatelja psihometrijskog kvaliteta ovih testova uporedive sa široko korišćenim i potvrđenim merama inteligencije. Pored toga, pokazalo se da konstruisani testovi predstavljaju

validne markere svakog od širokih faktora sposobnosti od interesa za ovo istraživanje, te pored nesumnjive pojavne valjanosti, poseduju neupitnu konstruktnu valjanost.

Testirani konfirmatorni modeli mera kognitivnih sposobnosti ukazali su na adekvatno psihometrijsko pozicioniranje svakog od testova u kontekstu sposobnosti postuliranih CHC modelom ljudskog intelekta te očekivana zasićenja svakog od testova odgovarajućim latentnim faktorima. Drugim rečima, odgovarajuće mere podesnosti strukturalnih relacija testova sposobnosti ukazale su na to da konstruisani testovi upravo procenjuju faktore sposobnosti čijem su merenju i namenjeni.

#### **4.1.2 Mere egzekutivnih funkcija**

Zadaci egzekutivnih funkcija konstruisani su po ugledu na postojeće operacionalizacije izvršnih funkcija kognicije pretpostavljenih trofaktorskim modelom distinktnih, ali povezanih egzekutivnih funkcija – ažuriranja, inhibicije i premeštanja (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012). Izbor formata zadataka bio je vođen tradicionalno korišćenim markerima svake od funkcija (npr. Friedman et al., 2006; Miyake et al., 2000; Purić, 2013), u skladu sa čim su konstruisani zadaci ažuriranja u formi 3-unazad zadataka, zadaci inhibicije koji počivaju na Strupovom efektu, kao i često korišćene forme zadataka premeštanja. Svaka od funkcija operacionalizovana je sa po jednim zadatkom u verbalnom i u neverbalnom modalitetu.

Budući da zadaci egzekutivnih funkcija procenjuju kognitivne procese nižeg nivoa te da operacionalizacije ovih funkcija zahtevaju relativno jednostavne reakcije na klastere stimulusa ujednačene kompleksnosti, konstrukcija paralelnih formi zadataka egzekutivnih funkcija nije iziskivala prethodno sprovođenje rigoroznih psihometrijskih provera težina pojedinačnih zadataka te naknadno ujednačavanje formi. U skladu sa tim paralelne forme zadataka egzekutivnih funkcija konstruisane su transformacijom površinskih aspekata zadatka uz očuvanje formalnih aspekata zadatka i bez promene inicijalnih stimulusa. Kako ovakav način konstrukcije različitih formi načelno osigurava da zadaci iste egzekutivne funkcije budu podjednake težine paralelnost formi nije testirana u psihometrijskom delu studije. Ipak, podaci prikupljeni u eksperimentalnoj fazi studije pokazali su da različite forme zadataka svake od egzekutivnih funkcija poseduju adekvatan stepen paralelnosti.

Relacije između zadataka egzekutivnih funkcija pokazale su odgovarajuću konvergenciju mera korespondentnih funkcija. U skladu sa tim, pokazalo se da testirani psihometrijski model distinktnih, ali povezanih egzekutivnih funkcija adekvatno odgovara podacima, te da u visokoj meri korespondira sa trofaktorskim modelom Mijakija i saradnika (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012) što potvrđuje adekvatnost konstruisane baterije zadataka, i svedoči o njenoj faktorskoj validnosti.

#### **4.1.3 Psihometrijske relacije između kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija**

Dosadašnje psihometrijske studije uglavnom su nesistematski ispitivale relacije između izolovanih faktora ili kompozitnih mera intelektualnih sposobnosti i kompleksnih zadataka egzekutivnih funkcija. Međutim, budući da kompleksne zadatke egzekutivnih funkcija ne odlikuje dovoljna fokalnost merenja, i da su u ranijim studijama često korišćeni specifični klinički uzorci, jedan od ciljeva ovog istraživanja bio je ispitivanje specifičnog učešća izvršnih mehanizama kognicije merenih relativno jednostavnim zadacima EF u kogniciji višeg reda.

Na liniji dosadašnjih nalaza koji svedoče o visokom učešću kapaciteta radne memorije (Ackerman et al., 2005; Arffa, 2007; Chuderski et al., 2012; Colom, 2004; Colom et al., 2008, 2005; Conway et al., 2002; Duncan et al., 2012; Engle et al., 1999; Kane et al., 2004; Kane et al., 2005; Kyllonen & Christal, 1990; Martínez et al., 2011; McCabe et al., 2010; Miyake et al., 2001; Oberauer et al., 2005, 2008; Salthouse et al., 2003; Shelton et al., 2009; Unsworth et al., 2009; Unsworth, 2010), odnosno egzekutivne funkcije ažuriranja (npr. Benedek et al., 2014; Friedman et al., 2006, 2008; Martínez et al., 2011; Oberauer et al., 2008; Wongupparaj et al., 2015) u kogniciji višeg reda, i u ovom istraživanju mere ažuriranja informacija u radnoj memoriji pokazale su najveći broj relacija sa merama kognitivnih sposobnosti. Dobijene relacije, kako na manifestnom, tako i na latentnom nivou daleko su od savršenih što dovodi u pitanje tezu nekih autora o izomorfности kapaciteta radne memorije i  $G-a$  (Colom, 2004; Colom et al., 2005; Kyllonen & Christal, 1990; Oberauer et al., 2005). Ovo se pre svega odnosi na relacije ažuriranja sa merama  $Gf$  i  $Gv$  budući da ove mere predstavljaju indikatore  $G-a$  prvog reda (Carpenter et al., 1990; Carroll, 1993; Gignac, 2015; Horn, 1979; Jensen, 1998; Snow et al., 1984; Spearman, 1946; Vernon & Parry, 1949). Ipak, ovde treba imati na umu da iako zadaci ažuriranja predstavljaju solidnu aproksimaciju kapaciteta radne memorije

(Wilhelm et al., 2013) neki empirijski nalazi ne govore u prilog njihovoj ekvivalentnosti (Jaeggi et al., 2010; Kane et al., 2007) te se nešto niže korelacije između ažuriranja i faktora sposobnosti, dobijene u ovoj studiji potencijalno mogu atribuirati razlikama između ovih konstruktata.

Za razliku od nekih prethodnih nalaza koji su pokazali da egzekutivne funkcije inhibicije i premeštanja ne učestvuju ekskluzivno u kogniciji višeg reda (npr. Benedek et al., 2014; Friedman et al., 2006, 2008; Martínez et al., 2011; Oberauer et al., 2008; Wongupparaj et al., 2015) u ovom istraživanju se pokazalo da pomenute dve funkcije ipak ostvaruju manji broj ekskluzivnih relacija sa kognitivnim sposobnostima, i u sadejstvu sa ažuriranjem informacija u radnoj memoriji učestvuju u višim kognitivnim procesima. Dodatno, pokazalo se da egzekutivne funkcije u različitom stepenu učestvuju u različitim faktorima sposobnosti. Naime, čini se da se razlike u intenzitetu relacija ne mogu svesti na površinska svojstva samih testova, tj. njihove formalne karakteristike (npr. testovi brzine nasuprot testovima snage), kao ni na razlike u pouzdanostima instrumenata, već se pre čini da su intenziteti relacija između dva klastera mera na latentnom nivou u funkciji broja i kompleksnosti procesa koje sumiraju dati faktori sposobnosti. Tako se pokazalo da egzekutivne funkcije ostvaruju najsnažnije povezanosti sa kognitivnom brzinom koja sumira brzinu izvođenja veoma jednostavnih mentalnih operacija, dok se broj i visine povezanosti sa faktorima sposobnosti koji uključuju veći broj složenijih mentalnih operacija te udaljavaju od fundamentalnih kognitivnih procesa progresivno smanjuju.

## **4.2 Uloga fronto-parijetalne mreže u kogniciji višeg reda**

Dosadašnje studije lezija kao i NI studije pružile su empirijsku evidenciju visokoj korespondenciji nalaza o neuralnim substratima viših kognitivnih funkcija u okviru diskretnih regiona funkcionalne neuralne mreže prefrontalnog, parijetalnog, temporalnog i okcipitalnog režnja, pri čemu prefrontalne i parijetalne oblasti imaju najveći značaj za kogniciju višeg reda (Haier & Jung, 2016; Jung & Haier, 2007). Veći broj studija pružio je empirijsku podršku o značaju prefrontalnih i parijetalnih čvorišta mreže, kao i integriteta njihovih međusobnih konekcija u egzekutivnim procesima (Alvarez & Emory, 2006; Aron et al., 2004, 2014; Collette et al., 2006; Monsell, 2003; Nee et al., 2013; Niendam et al., 2012; Owen et al., 2005; Smith & Jonides, 1998; Smith & Jonides, 1999;

Sohn et al., 2000; Wager et al., 2004; Wager & Smith, 2003), kao i u kompleksnim intelektualnim procesima, pri čemu se pokazalo da se relacije između egzekutivnih funkcija i faktora inteligencije dobijene na psihometrijskom planu, preslikavaju i na neuralnom planu (Barbey et al., 2012; Barbey et al., 2013; Barbey, Colom, Paul, & Grafman, 2014; Gläscher et al., 2009; Kovacs & Conway, 2016).

Kako dosadašnje studije nisu pružile nedvosmislen odgovor na pitanje lateralizovanosti egzekutivnih funkcija (vidi Alvarez & Emory, 2006; Aron et al., 2004, 2014; Barbey et al., 2012; Barbey et al., 2014; Barbey et al., 2013; Champod & Petrides, 2007; Collette et al., 2006; Gläscher et al., 2010; Gläscher et al., 2009; Kane & Engle, 2002; Koenigs et al., 2009; Mottaghy, 2006; Nee et al., 2013; Smith & Jonides, 1998; Smith & Jonides, 1999; Vanderhasselt et al., 2009; Wager & Smith, 2003) i širokih faktora sposobnosti (Barbey et al., 2012; Barbey, Colom, et al., 2013; Barbey et al., 2014; Barbey, Koenigs, et al., 2013; Gläscher et al., 2010; Gläscher et al., 2009; Jung & Haier, 2007) koji bi bio lišen pristrasnosti u pogledu odabira domen-nespecifičnih zadataka, jedan od prvih ciljeva ovog istraživanja bila je upravo provera funkcionalne asimetrije hemisfera u pogledu učinka na domen-specifičnim zadacima egzekutivnih funkcija i testovima intelektualnih sposobnosti.

#### **4.2.1 Lateralizacija kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija**

U okviru *HI* pretpostavljeno je da će stimulacija leve hemisfere dovesti do poboljšanja učinka u svim verbalnim zadacima bez obzira na lokus stimulacije (prefrontalni, parijetalni, ili bi-lokusni) u odnosu na situaciju lažne stimulacije. Sa druge strane, pretpostavljeno je da će stimulacija desne hemisfere dovesti do poboljšanja učinka na svim neverbalnim zadacima. Drugim rečima, imajući u vidu funkcionalnu asimetriju hemisfera moglo bi se očekivati da neuralne osnove, te i efekti neuromodulacije, zavise od domena ispoljavanja datih kognitivnih funkcija i sposobnosti. Takođe, u skladu sa mehanizmima delovanja tDCS i dosadašnjim dokumentovanim efektima, pretpostavljeno je da će pozitivna polarizacija (anodna stimulacija), uopšteno gledano, imati facilitirajući uticaj na kognitivne funkcije ispoljene u datom domenu, te dovesti do boljeg učinka u zadacima kojima su ove funkcije operacionalizovane. Ukratko, ovakva očekivanja utemeljena su na nalazima o funkcionalnoj asimetriji hemisfera, ranijim nalazima NI i studija lezija, kao i studijama neuromodulacije.

#### 4.2.1.1 *Lateralizacija kognitivnih sposobnosti*

Kao što je već rečeno, relativno skromna empirijska evidencija koja govori u prilog lokalizaciji i lateralizaciji faktora intelektualnih sposobnosti u velikoj meri je zamagljena usled odsustva disocijacije domena ispoljavanja kao i izbora nespecifičnih operacionalizacija konkretnih faktora sposobnosti u dosadašnjim studijama. Naime, dosadašnje NI studije i studije lezija koje su se bavile neuralnim osnovama inteligencije bile su uglavnom fokusirane na pronalaženje neuralnih substrata *G-a* i fluidnih sposobnosti. Dodatno, malobrojne studije koje su se bavile ovom tematikom uglavnom su koristile u velikoj meri generičke skorove subskala Vekslerove baterije za procenu intelektualnih sposobnosti (Wechsler, 1997) – Indeks perceptivne organizacije, Indeks verbalnog razumevanja i Indeks perceptivne brzine, koji samo donekle odgovaraju faktorima *Gf*, *Gc*, i *Gs*, dok je faktor *Gv* usled nedovoljne distinktnosti u odnosu na mere fluidnog rezonovanja u okviru ove baterije u velikoj meri zanemaren.

Tako su studije neurooslikavanja i studije mapiranja lezija uglavnom koristile neverbalne zadatke za izučavanje neuralnih osnova fluidnih sposobnosti poput Ravenovih progresivnih matrica, i testova Indeksa perceptivne organizacije unutar Vekslerove baterije za procenu intelektualnih sposobnosti poput Kosovih kocki (engl. *Block design*), ili testa kompletiranja slika (engl. *Picture completion*) (Barbey et al., 2012; Barbey, Colom, et al., 2013; Barbey et al., 2014; Barbey, Koenigs, et al., 2013; Gläscher et al., 2010; Gläscher et al., 2009; Jung & Haier, 2007). Otuda nije neobično što su latentni faktori lokalizovani unutar široko distribuirane neuralne mreže prefrontalnih i parijetalnih oblasti desne hemisfere (Barbey et al., 2012; Barbey, Colom, et al., 2013; Barbey et al., 2014; Barbey, Koenigs, et al., 2013; Gläscher et al., 2009).

Za razliku od toga u ovom istraživanju se pokazalo da stimulacija leve hemisfere modulira učinak na neverbalnom testu fluidnog rezonovanja (Fluidne analogije), dok su u pogledu stimulacije desne hemisfere zabeleženi trendovi moduliranja učinka u neverbalnom (Matrice), ali i verbalnom zadatku (Fluidne analogije) fluidnog rezonovanja. Pri tome se pokazalo se da su ovi efekti, suprotno očekivanjima, negativni. Priroda i specifičnost ovih negativnih efekata biće diskutovana u narednim odeljcima.

Sa druge strane, ranija istraživanja lateralizacije kristalizovanih sposobnosti ukazala su na dominantnu levostranu lokalizaciju ovih sposobnosti (Barbey et al., 2012; Gläscher et al., 2009). Suprotno tome, u ovoj studiji nisu ustanovljeni efekti stimulacije

leve, ali ni desne hemisfere na učinak u domen-specifičnim zadacima kristalizovanih sposobnosti (testovi Sinonim-antonim i Kristalizovane asocijacije) u poređenju sa lažnom stimulacijom.

Kako ranije studije nisu ekskluzivno ispitivale lateralizovanost faktora vizuelnog procesiranja, o potencijalnoj lateralizaciji ovih sposobnosti samo se posredno može zaključivati na osnovu sadržaja kompozitnih mera koje su korišćene u ranijim studijama. Naime, budući da sadržaj Indeksa perceptualne organizacije dominantno meri sposobnost analize i sinteze kompleksnih vizuelnih sadržaja može se pretpostaviti da desnostrana lateralizacija ovih sposobnosti demonstrirana u ranijim studijama (Barbey et al., 2014; Barbey, Koenigs, et al., 2013; Gläscher et al., 2009) dominantno adresira pitanje lateralizacije *G<sub>v</sub>*, pre nego *G<sub>f</sub>*. U skladu sa tim, i u ovom istraživanju pokazalo se da učinak na jednom od markera faktora vizuelnog procesiranja (test Slagalica), u poređenju sa lažnom stimulacijom biva facilitiran stimulacijom desne, dok takvi efekti nisu opservirani u slučaju stimulacije leve hemisfere.

Konačno, ranije studije su pokazale da lateralizacija kognitivne brzine merene pomoću Indeksa perceptualne brzine, koji u velikoj meri korespondira sa *G<sub>s</sub>*, dominantno zavisi od od tipa testa koji je korišćen, odnosno domena ispoljavanja date sposobnosti. Naime, rezultati jedne studije mapiranja lezija pokazali su da je deficit na verbalnom testu brzine Šifra (engl. *Digit Symbol/Coding*) dominantno asociran sa lezijama leve hemisfere (Gläscher et al., 2009). Za razliku od toga, a u skladu sa većim spacijalnim zahtevima testa Potrage za simbolima (engl. *Symbol search*) koji su autori studije koristili kao drugi indikator *G<sub>s</sub>*, deficit na ovom neverbalnom testu kognitivne brzine pokazao je desnostranu lateralizaciju. Nalazi ovog istraživanja direktno su uporedivi sa rezultatima pomenute studije. Naime, u ovom istraživanju korišćene su dve veoma slične mere kognitivne brzine, pri čemu se pokazalo da anodna stimulacija leve, ali ne i desne hemisfere dovodi do facilitacije učinka u verbalnom zadatku kognitivne brzine (test Simbol). Sa druge strane, pokazalo se da stimulacija desne, ali ne i leve hemisfere dovodi do facilitacije učinka u poređenju sa lažnom stimulacijom na neverbalnom testovnom markeru *G<sub>s</sub>* (test Vizuelna potraga).

U celini rezultati ove studije pokazali su da tDCS leve hemisfere ostvaruje efekat na dva od četiri verbalna testa kognitivnih sposobnosti, pri čemu se pokazalo da je jedan od dobijenih efekata očekivano facilitirajući (Simbol), dok se drugi efekat, suprotno



očekivanjima pokazao inhibitornim (Fluidne analogije). Sa druge strane pokazalo se da stimulacija lokusa desne hemisfere ostvaruje pozitivan efekat koji je detektovan na jednoj od dve mere sposobnosti procesiranja kompleksnog vizuelnog materijala (Slagalica), kao i da stimulacija posteriornih oblasti desne hemisfere facilitira kognitivnu brzinu merenu neverbalnim zadatkom brzine procesiranja jednostavnog sadržaja (Vizuelna potraga). Dodatno, u pogledu neverbalnog zadatka fluidnog rezonovanja ustanovljeni su izvesni negativni trendovi koji su ukazali na inhibirajući efekat stimulacije lokusa desne hemisfere na figuralno rezonovanje.

U svetlu dobijenih nalaza, a u pogledu očekivanih domen-specifičnih efekata stimulacije svake od hemisfera na kognitivne sposobnosti **HI** se može okarakterisati kao samo delimično potvrđena. Naime, iako neki od efekata prate pretpostavljenu hemisferamaterijal korespondenciju, odustvo efekata na većem broju zadataka, onemogućava izvođenje nedvosmislenih zaključaka o lateralizaciji kognitivnih sposobnosti.

#### **4.2.1.2 Lateralizacija egzekutivnih funkcija**

##### **4.2.1.2.1 Ažuriranje**

U pogledu egzekutivne funkcije ažuriranja dosadašnje studije neurooslikavanja ukazuju na konzistentne aktivacije fronto-parijetalne mreže kako leve, tako i desne hemisfere, kao i bilateralne aktivacije obe hemisfere (Nee et al., 2013; Owen et al., 2005; Wager & Smith, 2003). Sa druge strane, studije mapiranja lezija koje su koristile različite mere radne memorije (npr. pamćenje brojeva unapred, pamćenje brojeva unazad, mentalna aritmetika, itd.) ukazale su na dominantnu, ali ne isključivu (Barbey et al., 2014), levostranu lateralizaciju neuralnih osnova radne memorije, bar kada se kao mere koriste zadaci u verbalnom/numeričkom modalitetu (Barbey et al., 2014; Gläscher et al., 2010; Gläscher et al., 2009). Sa druge strane, kapacitet radne memorije meren u spacijalnom modalitetu uglavnom je pokazao dominantnu desnostranu lateralizaciju (Barbey et al., 2014). Ipak, neki nalazi upućuju na zaključak da lateralizacija prema modalitetu sadržaja zadatka nije nužno visoko specifična, tako da se neretko pokazuje nedovoljna korespondencija neuralne aktivacije/lezija u levoj odnosno desnoj hemisferi i učinka u domen-specifičnim zadacima ove egzekutivne funkcije, kao i zavisnost lateralizacije od kognitivnog opterećenja koje dati zadatak nameće (Barbey, Koenigs, et al., 2013; Champod & Petrides, 2007; Collette et al., 2006; Nee et al., 2013; Smith & Jonides, 1998; Smith & Jonides, 1999; Wager & Smith, 2003).

Rezultati ovog istraživanja ukazali su upravo na domen-nespecifične efekte stimulacije desne odnosno leve hemisfere na učinak u zadacima egzekutivne funkcije ažuriranja. Tako se pokazalo da stimulacija leve hemisfere ne dovodi do promene učinka na verbalnom (uz izvestan trend-nivo facilitacije zabeležen u slučaju stimulacije levog PPC), ali facilitira učinak u neverbalnom zadatku ažuriranja informacija u radnoj memoriji (PPC). Sa druge strane, pokazalo se da stimulacija desne hemisfere dovodi do facilitacije učinka kako u verbalnom (DLPFC i PPC) tako i u neverbalnom zadatku ažuriranja (DLPFC) u poređenju sa lažnom stimulacijom.

U dosadašnjim studijama egzekutivna funkcija ažuriranja je najčešće merena upravo *n*-unazad zadacima, ili relativno jednostavnim zadacima radne memorije. Uprkos tome što se konstrukti radne memorije i ažuriranja često smatraju ekvivalentnim izvesna funkcionalna distinkcija između *manipulacije* informacijama u radnoj memoriji koju dominantno zahvataju klasični zadaci kapaciteta radne memorije (npr. različiti dualni zadaci, pamćenje brojeva unazad, i sl.) i *monitoringa* informacija u radnoj memoriji za koji se veruje da je dominantno zahvaćen *n*-unazad zadacima. Tako neke od ranijih studija pokazuju da su za monitoring informacija koje nadolaze u radnu memoriju ključni regioni fronto-parijetalne mreže lokalizovani u desnoj hemisferi (Barbey et al., 2014). Ova distinkcija čini se ključnom u interpretaciji nalaza dobijenih u ovom istraživanju. Naime, moglo bi se reći da zabeleženi efekti stimulacije desne hemisfere govore o facilitaciji procesa zaduženih za monitoring informacija koje nadolaze u radnu memoriju što bi bilo u skladu sa tezom o ključnoj ulozi desne hemisfere u ovim procesima. Za razliku od toga čini se verovatnim da je stimulacija posteriornih oblasti leve hemisfere (PPC) ekskluzivno dovela do facilitacije privremenog skladištenja informacija u fonološkoj petlji čiji neuralni substrat parcijalno odgovara upravo ovoj regiji (Nee et al., 2013; Smith & Jonides, 1998).

Ipak, budući da su u slučaju oba zadatka ažuriranja dobijeni efekti suprotni očekivanjima baziranim na funkcionalnoj asimetriji hemisfera i domenu merenja i ispoljavanja datih funkcija, ne može se isključiti mogućnost da su nalazi znatno konfundirani načinom na koji su ispitanici kodirali stimulse u ovim zadacima. Naime, moguće je da su bar neki ispitanici verbalne stimulse (slova) u verbalnom zadatku ažuriranja kodirali u neverbalnom domenu, tj. kao vizuelne složaje. Isto tako, ne može se isključiti mogućnost da su ispitanici koji su skloniji verbalnom kodiranju favorizovali upravo takav vid procesiranja informacija prilikom izvedbe neverbalnog zadatka

ažuriranja. Naime, ovaj zadatak ne isključuje mogućnost verbalnog, preciznije numeričkog kodovanja neverbalnih informacija prevođenjem smenjujućih pozicija kvadrata u matrici 3x3 iz neverbalnog u numerički kod putem numeričke markacije polja matrice te ažuriranjem neverbalno prezentovane stimulacije u verbalnom domenu.

#### *4.2.1.2.2 Inhibicija*

Ranije studije kognitivne inhibicije nisu ukazale na jasnu lateralizaciju ove funkcije (vidi Nee et al., 2013). Ipak, neke studije kao ključne za ovu egzekutivnu funkciju izdvajaju prefrontalne regije desne hemisfere (Aron et al., 2004, 2014; Nee et al., 2013). Za razliku od toga, rezultati ovog istraživanja ukazali su na nespecifičan trend-nivo glavnog efekta stimulacije DLPFC na egzekutivnu funkciju inhibicije merenu klasičnim verbalnim Strupovim zadatkom, kao i domen-nespecifičan efekat neuromodulacije iste regije na jednostavno vreme reakcije u istom zadatku, u poređenju sa lažnom stimulacijom. Ipak, ovde treba imati na umu da dobijeni trend facilitacije diferencijalnog vremena reakcije, kao i efekat na jednostavno vreme reakcije na ovom zadatku u situaciji aktivne u poređenju sa lažnom stimulacijom, dominantno potiče iz situacije stimulacije leve hemisfere. Naime, deluje da pre svega levostrana stimulacija ima potencijal da proizvede facilitaciju učinka u ovom zadatku, pri čemu se čini da ovo istraživanje nije imalo dovoljnu snagu da takav efekat i detektuje usled relativno visoke varijabilnosti ishodišnih mera. Sa druge strane, u pogledu neverbalnog zadatka inhibicije zabeležen je domen-specifičan efekat stimulacije desne hemisfere (PPC). Naime, pokazalo se da stimulacija desne (PPC), ali ne i leve hemisfere dovodi do facilitacije učinka u ovom zadatku u poređenju sa lažnom stimulacijom. Dakle, nalazi ukazuju na to da je egzekutivna funkcija inhibicije samo delimično lateralizovana u skladu sa domenom ispoljavanja, odnosno modalitetom procene.

#### *4.2.1.2.3 Premeštanje*

Kao i u slučaju kognitivne inhibicije, dosadašnje studije premeštanja nisu ukazale na jasnu lateralizaciju ove funkcije (vidi Nee et al., 2013; Wager et al., 2004). U pogledu egzekutivne funkcije premeštanja nisu ustanovljeni efekti stimulacije nijedne od hemisfera te na osnovu ove studije nije moguće doneti zaključke o njenoj lateralizaciji. Iako se na deskriptivnom nivou može govoriti o izvesnim tendencijama ka facilitaciji (Lokal-global), odnosno inhibiciji (Broj-slovo) učinka u pogledu oba zadatka premeštanja u situaciji stimulacije leve hemisfere, ovi trendovi ostali su daleko iznad nivoa

značajnosti. Sa druge strane, čini se da stimulacija desne hemisfere nema potencijal da proizvede ikakve bihevioralne posledice u pogledu modulacije učinka na zadacima premeštanja. Imajući u vidu dualnu prirodu egzekutivne funkcije premeštanja (vidi Herd et al., 2014) ne može se isključiti mogućnost da tDCS kao tehnika nema kapacitet za ostvarivanje efekata na ovu egzekutivnu funkciju usled mogućeg diferencijalnog dejstva na različite aspekte ove sposobnosti, a koji su međusobno suprotstavljeni (vidi Imburgio & Orr, 2018).

U svetlu dobijenih rezultata i na osnovu empirijskog korpusa nije moguće doneti nedvosmislene zaključke o zavisnosti egzekutivnih funkcija od domena ispoljavanja. Naime, čini se da je potencijalna zavisnost od domena pre stvar stepena nego fundamentalnih distinkcija. Bar kada je reč o markerima egzekutivnih funkcija procenjivanim u okviru ovog istraživanja, teza o striktnoj funkcionalnoj asimetriji hemisfera u pogledu obrade različitih vrsta materijala ne čini se verovatnom. U prilog tome govore i nalazi meta-studije čiji su rezultati pokazali da, iako je načelno moguće napraviti distinkciju uloge hemisfera u obradi verbalnog odnosno neverbalnog/spacijalnog materijala, neuralna aktivacija ne stoji nužno u direktnoj funkciji modaliteta procene (Nee et al., 2013). U skladu sa tim, dobijeni rezultati samo delimično prate očekivanje koja su postavljena u okviru *HI* koja pretpostavlja domen-specifične efekte stimulacije svake od hemisfera na učinak u zadacima egzekutivnih funkcija.

#### **4.2.2 Diferencijalna uloga prefrontalnih i parijetalnih lokusa**

Dosadašnji empirijski nalazi jasno pokazuju da prefrontalne oblasti ne predstavljaju jedini lokus kognitivnih sposobnosti, ma o kom “tipu” inteligencije (Haier & Jung, 2016) ili egzekutivnih funkcija da je reč (Niendam et al., 2012). Ipak, većina dosadašnjih studija fokus je stavila na ispitivanje značaja anteriornih moždanih regija, dok su posteriorne regije velikim delom zanemarene. U skladu sa tim, dosadašnja empirijska evidencija o značaju anteriornih lokusa u višim kognitivnim procesima nešto je bolje dokumentovana no što je to slučaj sa parijetalnim regijama. Takođe, dosadašnje studije ne daju osnov za donošenje nedvosmislenih zaključaka o diferencijalnom značaju anteriornih i posteriornih zona mozga i njihovoj ulozi u kogniciji višeg reda budući da ukazuju na aktivacije, odnosno asocijacije sa lezijama kako u prefrontalnim tako i u parijetalnim oblastima.

U okviru **H2** pretpostavljeno je da će modulacija prefrontalnih zona dovesti do snažnijih efekata na sve kognitivne zadatke u poređenju sa modulacijom parijetalnih zona. Naime, iako sve više kognitivne funkcije počivaju na integritetu celokupne fronto-parijetalne mreže, na osnovu dosadašnjih empirijskih nalaza moglo se pretpostaviti da prefrontalne oblasti mozga imaju nešto veći značaj od parijetalnih.

#### **4.2.2.1 Anteriorne i posteriorne regije i kognitivne sposobnosti**

Rezultati modulacije učinka na testovima kognitivnih sposobnosti u velikoj meri su komparabilni sa ranijim studijama moždanih lezija i NI studijama. Naime, u pogledu fluidnih kapaciteta nalazi NI studija i studija mapiranja lezija ukazali su na značaj, kako prefrontalnih, tako i parijetalnih oblasti (vidi Barbey et al., 2012; Barbey, Colom, et al., 2013; Barbey et al., 2014; Barbey, Koenigs, et al., 2013; Gläscher et al., 2010; Gläscher et al., 2009; Jung & Haier, 2007; Kovacs & Conway, 2016). Ipak neki nalazi govore o dominantnoj ulozi desnog parijetalnog korteksa u zadacima fluidnog rezonovanja (Gläscher et al., 2009). Tačnije, najsnažnije relacije između lezija i deficita pronađene su za supramarginalni girus, posteriorni deo superiornog temporalnog sulkusa, ali i posteriorni inferiorni frontalni girus kao i dorzalni deo središnjeg superiornog temporalnog sulkusa (Gläscher et al., 2009).

Sve navedene oblasti izvesno su bile izložene tDCS u ovoj studiji, pri čemu se može očekivati da su prve dve oblasti bile stimulisane fokalnije budući da se nalaze u neposrednoj blizini lokusa aplikacije parijetalne stimulacije, dok se može očekivati da su preostale dve regije stimulisane posredno, putem modulacije nešto udaljenijih lokusa te širenjem ekscitacije njihovim međusobnim vezama. Tako su rezultati ovog istraživanja pokazali da stimulacija levog DLPFC dovodi do umanjenja učinka u analoškom rezonovanju, dok se pokazalo da stimulacija desnog PPC na trend-nivou dovodi do pogoršanja učinka u oba testa fluidnog rezonovanja. Inhibitorni efekti anodne stimulacije, iako suprotni očekivanjima na osnovu pretpostavljenog mehanizma delovanja tDCS ipak nisu iznenađujući. Naime, i u nekim od ranijih studija zabeležen je inhibitorni efekat anodne stimulacije DLPFC na kompozitne mere kognitivnih sposobnosti, a pre svih fluidno rezonovanje (npr. Sellers et al., 2015). Ono što se ovde čini posebno vrednim isticanja jeste da su inhibitorni efekti na kognitivne sposobnosti zabeleženi isključivo u slučaju testova fluidnih sposobnosti, ali ne i u pogledu testovnih markera drugih sposobnosti, o čemu će više reči biti kasnije.

Sa druge strane rezultati ovog istraživanja pokazali su da tDCS ne ostvaruje efekte na kristalizovane sposobnosti. Naime, ni u jednoj od situacija aktivne u poređenju sa lažnom stimulacijom nije zabeleženo diferencijalno postignuće ni za jedan od markera *Gc*. Za razliku od toga, ranije studije mapiranja lezija su ukazale na značaj prefrontalnih oblasti leve hemisfere u izvedbi testovnih markera ovog faktora sposobnosti, pre svih inferiornog frontalnog korteksa (Gläscher et al., 2009). Ne čini se verovatnim da se odsustvo efekata stimulacije može pripisati nedovoljnoj pouzdanosti korišćenih testova, njihovoj nedovoljnoj paralelnosti ili tipu testa koji je odabran i konstruisan za ovu svrhu. Naime, oba testa pokazala su adekvatna psihometrijska svojstva te prihvatljiv stepen paralelnosti. Dodatno, korišćeni testovni markeri ove sposobnosti odabrani su tako da maksimizuju verovatnoću dobijanja efekata stimulacije. Naime, bilo bi krajnje neopravdano očekivati da stimulacija dovede do poboljšanja učinka u aspektima kristalizovanih sposobnosti koji dominantno mere širinu i dubinu poznavanja informacija iz različitih oblasti znanja merenih u standardnom formatu. Drugim rečima, ne može se očekivati da ispitanik nakon stimulacije zna nešto što nije znao pre stimulacije. U skladu sa tim, testovni markeri su konstruisani tako da mere one aspekte kristalizovanih sposobnosti za koje se može očekivati da postoji izvesna verovatnoća moduliranja učinka, tj. sposobnosti koje leže u relativno jednostavnim formama manipulacije verbalnim sadržajem i korpusom znanja koji je ispitaniku na raspolaganju, te brzini pristupa informacijama uskladištenim u dugoročnoj memoriji. U skladu sa tim verovatnije je da se odsustvo efekata stimulacije pre može pripisati samoj tehnici tDCS koja nije bila u mogućnosti da prouzrokuje merljive bihejvioralne posledice ni na jednom od testovnih markera kristalizovanih sposobnosti. Stoga, oslanjajući se na nalaze ove studije nije moguće doneti zaključke o diferencijalnom značaju anteriornih nasuprot posteriornim regijama u pogledu ove sposobnosti.

Kada je reč o *Gv* pokazalo se da ni stimulacija anteriornih, niti posteriornih regija ne ostvaruje efekat na test Mozaik. Sa druge strane pokazalo se da stimulacija anteriornih oblasti desne hemisfere ostvaruje pozitivan efekat na drugi test vizuelnog procesiranja – Slagalice, dok je sličan trend-nivo efekta na postignuće u ovom testu opserviran i u pogledu stimulacije desnih posteriornih regija. Diferencijalni efekti dobijeni za ova dva testa verovatno se mogu atribuirati izraženim efektima uvežbavanja kroz sesije koji su opservirani u slučaju testa Mozaik, pre nego nekim fundamentalnim razlikama u procesima i sposobnostima koje ova dva testa teže da mere. Iako su i za test Slagalice

zabeleženi trendovi uvežbavanja oni su se ipak pokazali nešto manje izraženim nego u slučaju Mozaika. Alternativno, diferencijalni efekti bi se potencijalno mogli objasniti nešto manjim zahtevima koje test Mozaik (usled manje kompleksnosti ivica i useka u poređenju sa Slagalicom) nameće u pogledu angažovanja sposobnosti mentalne manipulacije vizuelnim elementima time postavljajući nešto manje opterećenje na vizuospacijalnu matricu.

U odsustvu direktnih empirijskih nalaza iz NI studija i studija lezija koji bi govorili o diferencijalnom značaju i lokalizaciji faktora *Gv* nije moguće napraviti direktnu komparaciju ranijih nalaza sa nalazima dobijenim u ovom istraživanju. Ipak, u jednoj od studija mapiranja lezija koja je dominantno koristila kompozitne mere derivirane iz Vekslerove baterije (Indeks perceptivne organizacije) dobijene su značajne relacija između, pre svega posteriornih, ali i anteriornih lezija desne hemisfere (Gläscher et al., 2009) i učinka na testu Kosove kocke. Budući da je ovaj test veoma sličan testu Mozaik, s tim da ima izraženiju manipulativnu komponentu, kao i da se može pretpostaviti da relativno fokalno procenjuje procese vizuelizacije i mentalne rotacije vizuelnih sadržaja poput testa Slagalica, čini se da rezultati u celini ukazuju na značaj kako anteriornih tako i posteriornih regija u procesiranju kompleksnih vizuelnih sadržaja. Kako su rezultati direktne komparacije anteriorne i posteriorne stimulacije pokazali da među njima nema značajnih razlika, a u svetlu navedenih nalaza čini se opravdanim zaključiti da u pogledu vizuelnih sposobnosti anteriorne i posteriorne oblasti imaju podjednak značaj u manipulaciji kompleksnim vizuelnim materijalom.

Konačno, u pogledu *Gs* rezultati ovog istraživanja su pokazali da anteriorne oblasti igraju presudnu ulogu u kognitivnoj brzini kada je ona procenjivana u verbalnom modalitetu, dok posteriorne regije desne hemisfere potencijalno imaju presudan značaj u ovoj sposobnosti kada je procenjivana u neverbalnom modalitetu. Naime, dobijeni rezultati ukazali su na ekskluzivno učešće levog DLPFC u izvedbi verbalnog testa kognitivne brzine, budući da je prefrontalna stimulacija pokazala značajne efekte u poređenju sa gotovo svim preostalim situacijama. Ipak, zaključak da posteriorne regije desne hemisfere igraju presudnu ulogu u kognitivnoj brzini merenoj u neverbalnom modalitetu treba uzeti sa rezervom budući da je direktna komparacija efikasnosti neuromodulacije DLPFC i PPC pokazala da između ova dva tipa stimulacije ne postoje statistički značajne razlike. Naime, verovatnije je da kao i u slučaju *Gv* i prefrontalne i parijetalne regije desne hemisfere igraju značajnu ulogu u kognitivnoj brzini u

neverbalnom modalitetu s tim da ovo istraživanje nije imalo dovoljnu snagu (u statističkom smislu) koja bi omogućila detektovanje poboljšanja učinka prilikom prefrontalne u poređenju sa lažnom stimulacijom.

Dobijeni nalazi uporedivi su sa nalazima jedne od ranijih studija, koja je pokazala da su deficiti na verbalnim i neverbalnim markerima *Gs* visoko disocijativni (Gläscher et al., 2009). Preciznije, pokazalo se da sposobnosti u osnovi faktora *Gs* merene Indeksom perceptivne brzine nemaju jedinstveni neuralni substrat (Gläscher et al., 2009). Naime, verbalni markeri ovog faktora pokazali su se dominantno asociranim sa lezijama leve hemisfere i to u frontalnim, ali i parijetalnim regijama, pri čemu je demonstrirana velika korespondencija moždanih regiona koji učestvuju u izvedbi verbalne kognitivne brzine i drugih kompleksnijih verbalnih zadataka. Sa druge strane, neuralne osnove učinka na neverbalnom markeru ove sposobnosti pokazale su visoku korespondenciju sa moždanim regijama angažovanim u drugim kompleksnijim vizuospacijalnim testovima (Indeks perceptualne organizacije) u desnim parijetalnim, ali i frontalnim regijama.

Posmatrano u celini, rezultati ovog istraživanja upućuju na zaključak da anteriorne oblasti imaju veći značaj, bar kada je reč o nekim verbalnim testovima kognitivnih sposobnosti. Sa druge strane, čini se opravdanim zaljučiti da ovakva diferencijacija u učešću anteriornih i posteriornih oblasti kada je reč o desnoj hemisferi nije tako jasna. Naime, čini se da je desna hemisfera znatno manje specijalizovana te da striktno dihotomije anteriorno-posteriorno nema bar kada su u pitanju faktori sposobnosti obuhvaćeni ovom studijom. Ipak, čini se vrednim daljeg ispitivanja potencijalno specifična uloga desnih parijetalnih oblasti u zadacima fluidnog rezonovanja budući da su izvesni trendovi modulacije učinka replikovani u slučaju oba testa fluidnog rezonovanja.

U skladu sa dobijenim nalazima, **H2** kojom je pretpostavljeno je da će modulacija frontalnih zona dovesti do snažnijih efekata u poređenju sa modulacijom parijetalnih zona, kada je reč o testovima kognitivnih sposobnosti može se smatrati samo delimično potvrđenom. Preciznije, čini se da je diferencijacija značaja anteriornih, nasuprot posteriornim regijama u većoj meri zastupljena u levoj, nego što je to slučaj sa desnom hemisferom, budući da su svi dobijeni efekti (testovi Analogije i Simbol) opservirani u situaciji anteriorne neuromodulacije leve hemisfere, dok su se efekti stimulacije



anteriornih i posteriornih lokusa desne hemisfere pokazali nedovoljno specifičnim (testovi Slagalica, Vizuelna potraga i Matrice).

#### **4.2.2.2 Anteriorne i posteriorne regije i egzekutivne funkcije**

##### *4.2.2.2.1 Ažuriranje*

Dosadašnja istraživanja egzekutivne funkcije ažuriranja/radne memorije uglavnom su se fokusirala na izučavanje prefrontalnih regija mozga. U skladu sa tim, ova istraživanja ne daju osnovu za izvođenje zaključaka o diferencijalnom značaju anteriornih nasuprot posteriornim zonama kada je reč o ovoj egzekutivnoj funkciji. Naime, nalazi ranijih istraživanja govore o značaju široko distribuirane neuralne mreže koja učestvuje u egzekutivnoj funkciji ažuriranja/radnoj memoriji. Tako meta-studije neurooslikavanja kao i studije mapiranja lezija, između ostalih izdvajaju diskretne regione unutar DLPFC (Ba 9, 46) i VLPFC (Ba 44, 45, 47), ali i parijetalnog korteksa (Ba 7, 40) kao regije od najvećeg interesa (Barbey et al., 2014; Barbey, Koenigs, et al., 2013; Champod & Petrides, 2007; Collette et al., 2006; Gläscher et al., 2010; Gläscher et al., 2009; Jonides et al., 1998; Koenigs et al., 2009; Mottaghy, 2006; Nee et al., 2013; Niendam et al., 2012; Olson & Berryhill, 2009; Owen et al., 2005; Rowe et al., 2000; Smith & Jonides, 1998; Smith & Jonides, 1999; Wager & Smith, 2003), a koji upravo predstavljaju lokuse koje su fokalno ciljani stimulacijom u ovom istraživanju. Kao dodatne regije od značaja javljaju se dodatne prefrontalne (Ba 6, 10, 24, 32), okcipitalne (Ba 19), i temporalne oblasti (Ba 13, 37) (Niendam et al., 2012).

Studije mapiranja lezija, takođe, izveštavaju o značajnim relacijama između lezija i deficita u levim prefrontalnim i parijetalnim regijama (Gläscher et al., 2010; Gläscher et al., 2009). Preciznije, nalazi o oštećenjima snopova bele mase koji povezuju ventrolateralni i dorzolateralni deo prefrontalnog korteksa, a koji ima ulogu u manipulaciji informacijama u radnoj memoriji (Owen et al., 2005) sa parijetalnim korteksom i koji završavaju u superiornom parijetalnom lobusu koji igra značajnu ulogu u skladištenju verbalnog materijala ukazuju na ključni značaj pomenutih lokusa u izvedbi zadataka radne memorije (Smith & Jonides, 1998). Takođe, oštećenja u manipulaciji informacijama u radnoj memoriji merenoj u verbalnom/numeričkom modalitetu pokazala su relacije sa selektivnim oštećenjima leve hemisfere, primarno u angularnom girusu (Ba 39), levom superiornom parijetalnom korteksu (BA 7) i levom superiornom temporalnom girusu (Ba 41/42/22) (Barbey et al., 2014). Sa druge strane, oštećenja ove funkcije u

spacijalnom modalitetu dominantno su asocirana sa desnim DLPFC (Ba 9), kao i desnim superiornim parijetalnim korteksom (Ba 7) (Barbey et al., 2014). Monitoring informacija u radnoj memoriji, a koji je dominantno meren *n*-unazad zadacima pokazuje se asociranim sa oštećenjima u desnom ventrolateralnom PFC (Ba 47), desnom inferiornom parijetalnom korteksu i desnom središnjem temporalnom girusu (Ba 22) (Barbey et al., 2014). Konačno, nalazi nekih studija potencijalno upućuju na generalnu ulogu inferiornog frontalnog girusa u egzekutivnim funkcijama, bar kada je reč o verbalnom sadržaju (Nee et al., 2013).

U skladu sa nalazima ranijih studija, a u pogledu egzekutivne funkcije ažuriranja rezultati ovog istraživanja su pokazali da i prefrontalne i parijetalne oblasti imaju značajnu ulogu u izvedbi zadataka ovog tipa. Tako se pokazalo da anteriorna stimulacija desne hemisfere dovodi do izvesnog poboljšanja učinka u oba zadatka ažuriranja. Sa druge strane, stimulacija anteriornih oblasti leve hemisfere nije proizvela nikakve promene u učinku ni na jednom od korišćenih zadataka. Suprotno tome, rezultati su pokazali da posteriorna stimualcija dovodi do facilitacije učinka u neverbalnom zadatku ažuriranja (stimulacija leve hemisfere) i verbalnom zadatku ažuriranja (stimulacija desne hemisfere).

Ovakvi nalazi navode na zaključak da anteriorne zone desne hemisfere potencijalno imaju ključnu ulogu za egzekutivnu funkciju ažuriranja. Ipak, ovde treba imati na umu da testovi direktne komparacije efikasnosti prefrontalne i parijetalne stimulacije desne hemisfere nisu rezultovali značajnim razlikama, te se čini verovatnijim da obe regije igraju značajnu ulogu pri čemu je značaj anteriornih regija, potencijalno nešto veći. Ipak, za donošenje ovakvog suda neophodno je replicirati dobijene nalaze na većem uzorku ispitanika u studiji koja bi imala veću statističku snagu da pomenute razlike i detektuje.

Sa druge strane, u ovom istraživanju pokazalo se da ključnu ulogu u ažuriranju informacija u radnoj memoriji u slučaju leve hemisfere igraju posteriorne oblasti. Ovaj rezultat umnogome je u suprotnosti sa većinom ranijih nalaza, a koji su ukazali na značaj anteriornih oblasti leve hemisfere u zadacima ažuriranja/radne memorije, pre svih inferiornog frontalnog girusa, nominujući anteriorne lokuse prefrontalnih regija za ulogu amodalnog centralnog izvršioca (Mottaghy, 2006; Nee et al., 2013). Naime, u slučaju neverbalnog zadatka ažuriranja rezultati su pokazali da se parijetalna facilitacija učinka

značajno razlikuje kako od lažne, tako i od frontalne stimulacije, dok je u pogledu verbalnog zadatka ažuriranja ustanovljen izvestan trend ka facilitaciji učinka u ovom zadatku jedino u situaciji levostrane posteriorne stimulacije.

#### 4.2.2.2 *Inhibicija*

U pogledu egzekutivne funkcije inhibicije pokazalo se da efekti stimulacije veoma zavise od specifičnog lokusa stimulacije, odnosno toga da li su stimulisani anteriorni ili posteriorni lokusi leve ili desne hemisfere. U pogledu inhibicije u verbalnom domenu pokazalo se da anteriorne oblasti potencijalno imaju veći značaj. Tome u prilog govori nalaz da prefrontalna stimulacija leve hemisfere na trend-nivou dovodi do facilitacije jednostavnog vremena reakcije kako u poređenju sa lažnom tako i posteriornom stimulacijom. Sa druge strane, čini se da posteriorne oblasti desne hemisfere igraju važniju ulogu od anteriornih oblasti kada je egzekutivna inhibicija merena u neverbalnom modalitetu. Ipak, ovaj zaključak treba uzeti sa rezervom budući da razlike između parijetalne i prefrontalne stimulacije u pogledu neverbalnog Strupovog zadatka nisu zabeležene.

Dobijeni rezultati donekle su saglasni sa empirijskom evidencijom iz studija neurooslikavanja koje upućuju na ključnu ulogu DLPFC (Ba 9, 46) i superiornog (BA 7) i inferiornog (Ba 40) parijetalnog korteksa, lokusa koji su u ovoj studiji bili centralno stimulisani, ali i ACC (Ba 32) i drugih prefrontalnih (Ba 6, 10), kao i okcipitalnih (BA 19), i temporalnih regija (Ba 13), pri čemu, neke studije izveštavaju o tome da inferiorni frontalni girus i orbitofrontalni korteks predstavljaju centralne neuralne substrate kognitivne inhibicije (Alvarez & Emory, 2006; Aron et al., 2004, 2014; Banich, 2009; Carter et al., 1998; Collette et al., 2006; Kane & Engle, 2002; Levy & Wagner, 2012; MacDonald et al., 2000; Munakata et al., 2011; Nee et al., 2013; Niendam et al., 2012; Smith & Jonides, 1999; Vanderhasselt et al., 2009), te da DLPFC ne predstavlja sržnu neuralnu osnovu kognitivne inhibicije, kao što je to potencijalno slučaj sa egzekutivnom funkcijom ažuriranja (Imburgio & Orr, 2018). U skladu sa tim, ne može se isključiti mogućnost da anteriorna stimulacija DLPFC nije proizvela značajne efekte na zadacima inhibicije usled nedovoljne fokálnosti, tj. nedovoljnog pogađanja navedenih regija koje ranije studije ističu kao ključne za ovu egzekutivnu funkciju (ACC, IFG, OFC, itd.). Odsustvo efekata na egzekutivnu funkciju inhibicije demonstrirano je i u skorašnjoj meta-studija efekata tDCS gde se pokazalo da uprkos tome što anodna tDCS lokusa unutar

DLPFC ostvaruje značajne efekte na egzekutivnu funkciju ažuriranja ovakvi efekti izostaju u slučaju kognitivne inhibicije (Imburgio & Orr, 2018).

U celini, kao i u slučaju lateralizacije čini se da i u pogledu značaja anteriornih, nasuprot posteriornih oblasti treba imati u vidu modalitet procene kognitivne inhibicije, odnosno domen ispoljavanja ove egzekutivne funkcije.

#### 4.2.2.2.3 *Premeštanje*

Konačno, u pogledu egzekutivne funkcije premeštanja, a u skladu sa rezultatima skorašnje meta-studije (Imburgio & Orr, 2018) pokazalo se da tDCS ne ostvaruje efekat na sposobnosti koje stoje u osnovi premeštanja pažnje, kako stimulacijom anteriornih, tako ni stimulacijom posteriornih regija, pri čemu nijedna razlika između situacija anteriorne i posteriorne stimulacije nije zabeležena. Ne čini se verovatnim da se odsustvo efekata stimulacije može pripisati pozicioniranju elektroda te posledičnoj stimulaciji, za ovu egzekutivnu funkciju irelevantnih lokusa, budući da NI studije ukazuju na to da neuralne osnove ove egzekutivne funkcije leže upravo u DLPFC (Ba 9, 46), kao i superiornom (Ba 7) i inferiornom (Ba 40) parijetalnom režnju (Alvarez & Emory, 2006; Aron et al., 2004, 2014; Collette et al., 2006; Monsell, 2003; Niendam et al., 2012; Sohn et al., 2000; Wager et al., 2004), dakle, oblastima koje su specifično ciljane stimulacijom u ovoj studiji. Ipak NI studije, pored pomenutih lokusa izveštavaju i o značajnim aktivacijama u cingulatnom korteksu (Ba 32, 24), suplementarnoj motornoj arei (Ba 6), orbitofrontalnom korteksu (Ba 10, 11), kao i okcipitalnoj (Ba 19), i temporalnoj regiji (Ba 13, 37) (Niendam et al., 2012). Dosadašnja empirijska evidencija ne pruža dovoljno osnova za donošenje zaključka o tome da li upravo drugopomenute regije potencijalno predstavljaju centralne neuralne lokalitete od presudnog značaja za egzekutivnu funkciju premeštanja. Ukoliko bi to bio slučaj, odsustvo efekata stimulacije bi se potencijalno moglo objasniti time da stimulacija nije dovoljno fokalno targetirala pomenute lokuse. Ipak, u nedostatku takvih nalaza, navedena interpretacija ostaje u velikoj meri spekulativna. Alternativno, odsustvo efekata stimulacije potencijalno se može pripisati dualnoj prirodi premeštanja, a u čijoj osnovi stoje suprotstavljeni procesi – oni zajednički za sve egzekutivne funkcije i za premeštanje specifični procesi koji često pokazuju diferencijalne relacije sa različitim ishodišnim bihevioralnim merama (vidi Friedman et al., 2008; Friedman & Miyake, 2017). Naime, dok neke od studija neuromodulacije pokazuju da su pozitivni efekti na egzekutivnu funkciju ažuriranja, dakle, sržnu

komponentu zajedničke varijanse egzekutivnih razlika (vidi Friedman & Miyake, 2017; Miyake & Friedman, 2012) posredovani smanjenjem GABA u DLPFC, drugi nalazi govore da smanjenje u GABA dovodi do umanjenja učinka u premeštanju (vidi Imburgio & Orr, 2018). Stoga, moguće je da se efekti stimulacije na različite aspekte egzekutivne funkcije premeštanja međusobno poništavaju ne proizvodeći nikakve merljive posledice na bihevioralnom planu.

U celini, kada je reč o egzekutivnim funkcijama, u svetlu dobijenih nalaza hipoteza **H2** kojom je pretpostavljeno je da će stimulacija frontalnih zona dovesti do snažnijih efekata u poređenju sa modulacijom parijetalnih zona može se smatrati opovrgnutom, pri čemu se čini da precizan lokus stimulacije (anteriorno-posteriorno) potencijalno igra manje značajnu ulogu od domena ispoljavanja date egzekutivne funkcije te njene lateralizacije.

#### **4.2.3 Diferencijacija efekata tDCS na kognitivne sposobnosti i egzekutivne funkcije**

Hipotezom **H3** pretpostavljeno je da će unutar domena inteligencije efekti neuromodulacije na pojedinačne faktore sposobnosti biti približno jednaki. Naime, dosadašnja empirijska građa ne daje osnov za postuliranje diferencijalnog uticaja neuromodulacije na različite faktore sposobnosti. Preciznije, veoma skromna evidencija o veličini efekata tDCS na različite faktore sposobnosti ne pruža nikakvo teorijsko niti empirijsko zaleđe ovoj hipotezi te se ona može smatrati eksplorativnom.

Rezultati su pokazali da tDCS, ipak u celini ostvaruje diferencijalne efekte na različite testovne markere sposobnosti, uspešno modulirajući učinak na 4 od 8 testova sposobnosti. Naime, pokazalo se da su efekti neuromodulacije u velikoj meri specifični te zavisni od lokusa stimulacije, tj. stimulisane hemisfere i specifične regije stimulacije – stimulacije anteriornih odnosno posteriornih oblasti, kao i korišćene mere ishoda. Diferencijalni efekti koji bi omogućili najjasniju interpretaciju nalaza bili bi oni koji bi demonstrirali da neuromodulacija ostvaruje izraženije efekte na markere kognitivnih sposobnosti, a koji su u funkciji kompleksnosti angažovanih procesa koje dati faktor/test sumira, tj. da su broj i veličina detektovanih efekata obrnuto proporcionalni zasićenjima datog testa *G-om*. Na taj način diferencijalni efekti bi se mogli interpretirati u terminima broja i kompleksnosti procesa koje dati test angažuje te na taj način generisati očekivanje da je verovatnije modulirati sposobnosti “nižeg” reda, odnosno učinak u testovima koji

date sposobnosti operacionalizuju, a koje sumiraju manji broj/nišu kompleksnost angažovanih procesa. Međutim, čini se malo verovatnim da se dobijeni nalazi mogu interpretirati u ovim terminima. Naime, iako zaista efekti neuromodulacije jesu zabeleženi na oba testa jednostavne brzine procesiranja, oni su istovremeno zabeleženi i na testovima kompleksnog analoškog rezonovanja i manipulacije složenim vizuelnim sadržajima, a veličine zabeleženih efekata su sličnog ranga.

Alternativno, a na liniji prethodno iznetog rezonovanja, relativno jednostavna interpretacija diferencijalnih efekata bi bila da neuromodulacija ostvaruje snažnije efekte na “senzitivnije” mere kognitivnih performansi u smislu toga da je verovatnije da se efekti detektuju na testovima brzine, pre nego na testovima snage. Ipak, u kontekstu dobijenih nalaza ni ovo objašnjenje ne čini se u potpunosti adekvatnim. Naime, efekti su detektovani na dva od tri (Simbol, Vizuelna potraga i Sinonim-antonim) izrazito brzinska testa, ali i na testovima koji uprkos tome što imaju izraženu komponentu brzine, ipak dominantno predstavljaju testove snage (Analogije i Slagalica). U vezi sa dihotomijom brzina-snaga, diferencijalni efekti dobijeni na testovima sposobnosti ne mogu se pripisati ni broju jedinica koje je potrebno analizirati u zadatom vremenskom okviru. Naime, ukoliko bi neuromodulacija facilitirala jediničnu brzinu procesiranja onda bi verovatnoća dobijanja efekata morala biti u direktnoj funkciji broja ajtema datog testa, te bi se moglo očekivati da verovatnoća detektovanja efekata bude najveća za markere  $G_s$ , zatim test Sinonima-antonima, testove  $G_v$ , zatim Kristalizovane asocijacije i Analogije, i naposljetku Matrice. Iz dobijenih rezultata sledi da ni ovo objašnjenje diferencijalnih efekata nije plauzibilno.

Ipak, ovde treba imati na umu da je neuromodulacija ostvarila efekte bar na jednom testovnom markeru tri od četiri široka faktora sposobnosti pri čemu se na nivou pojedinačnih testovnih markera za koje su utvrđena značajna razlikovanja u situaciji neke od aktivnih mono-lokusnih u poređenju sa lažnom stimulacijom pokazalo da se veličine efekata kreću u veoma uskom opsegu, tj. od .18 do .22, uzimajući prosečnu vrednost od .20 ( $Mdn = .20$ ,  $SD = 0.02$ ). Imajući to u vidu, čini se da nalazi ove studije idu u prilog **H3** hipotezi.

Hipotezom **H4** pretpostavljeno je da će neuromodualcija dovesti do približno podjednakih efekata na sve tri merene egzekutivne funkcije – ažuriranje, inhibiciju i premeštanje. Ova hipoteza zasnovana je prvenstveno na NI studijama koje govore o

visoko preklapajućim neuralnim osnovama različitih egzekutivnih funkcija (vidi Niendam et al., 2012). Budući da su u ovom istraživanju kao mete stimulacije odabrane relativno ograničene moždane regije za koje postoji empirijska evidencija da predstavljaju relevantne oblasti koje učestvuju u sve tri egzekutivne funkcije moglo se očekivati da će stimulacija datih moždanih lokusa ostvariti približno podjednake efekte na egzekutivne funkcije ažuriranja, inhibicije i premeštanja. Rezultati su međutim, pokazali da je tDCS neefikasna u pogledu modulacije egzekutivne funkcije premeštanja, kao i inhibicije u verbalnom, ali ne i u neverbalnom domenu. Ovi nalazi su donekle u saglasnosti sa rezultatima meta-analize stimulacije prefrontalnih oblasti jednosmernom strujom koja je pokazala da tDCS ne ostvaruje efekte na pomenute dve egzekutivne funkcije (Imburgio & Orr, 2018). Ipak, u skladu sa ranijim studijama (vidi Imburgio & Orr, 2018) rezultati su pokazali da je anodna tDCS efikasna u modulaciji egzekutivne funkcije ažuriranja, pri čemu se pokazalo da veličine efekata u pogledu neuromodulacije egzekutivnih funkcija variraju u opsegu od .18 do .29, uzimajući prosečnu vrednost od .24 ( $Mdn = .24$ ,  $SD = 0.05$ ).

Imajući na umu da neuromodulacija ostvaruje efekte na 3 od 6 korišćenih zadataka, kao i da se pokazalo da tDCS efikasno modulira učinak makar na jednom markeru dveju od tri egzekutivne funkcije, pri čemu je opseg variranja veličina značajnih efekata relativno širok **H4** se može smatrati načelno opovrgnutom. Naime, rezultati jasno ukazuju na to da iako različite egzekutivne funkcije dele značajan deo zajedničke varijanse, efekti tDCS na njih nisu uniformni.

Konačno, hipotezom **H5** pretpostavljeno je da će neuromodulacija dovesti do većih efekata na mere egzekutivnih funkcija nego na mere širokih faktora inteligencije. Ova hipoteza utemeljena je na činjenici da egzekutivne funkcije predstavljaju fundamentalnije mehanizme kognicije, koji su lokalizovani u relativno ograničenim regijama te se moglo očekivati da relativno fokalna tDCS na njih ostvaruje snažniji efekat nego što je to slučaj sa širokim faktorima intelektualnih sposobnosti koji sumiraju veći broj kompleksnijih procesa i angažuju veći broj specifičnih sposobnosti te počivaju na široj neuralnoj mreži. Budući da su rezultati pokazali da se prosečne veličine efekata opservirane za statistički značajne mono-lokusne stimulacije razlikuju za gotovo 5% u korist zadataka egzekutivnih funkcija u poređenju sa testovima kognitivnih sposobnosti ova hipoteza se može smatrati potvrđenom. Naime, posmatrano u celini čini se da rezultati upućuju na zaključak da neuromodulacija ostvaruje nešto snažnije efekte na bazičnije

nivoa kognicije merene relativno jednostavnim zadacima nego što je to slučaj sa zadacima koji angažuju veći broj kognitivnih procesa rastuće kompleksnosti.

#### 4.2.4 Efikasnost bi-lokusne stimulacije

Prema našem saznanju, sve dosadašnje studije koja su ispitivale efekte transkranijalne neuromodulacije na kognitivne funkcije fokus su stavile na izučavanje mono-lokusnih stimulacija. Sa druge strane, studije koje su se bavile neuromodulacijom nekognitivnih domena pokazale su da simultana stimulacija ostvaruje efekte na izučavane funkcije (Nasseri et al., 2015), te se moglo pretpostaviti da bi ovaj tip stimulacije pokazao izvesne prednosti u poređenju sa mono-lokusnim stimulacijama i u kognitivnom domenu. Naime, iako se u fiziološkom smislu očekuje da se uticaj na jedno čvorište transmituje na druge delove neuralne mreže, može se očekivati da fokalna simultana stimulacija dva ključna lokusa fronto-parijetalne mreže potencijalno pospeši komunikaciju unutar celokupne mreže, te na taj način uzrokuje facilitaciju učinka na ishodišnim merama koje angažuju veći broj kortikalnih lokusa.

U skladu sa tim, jedan od ciljeva ovog istraživanja bio je provera efektivnosti simultane stimulacije ključnih čvorišta fronto-parijetalne mreže u modulaciji kognitivnih funkcija i sposobnosti, kao i evaluacija ovog tipa stimulacije u poređenju sa standardnim mono-lokusnim stimulacijama. Tako je hipotezom **H6** pretpostavljeno da će simultana neuromodulacija anteriornih i posteriornih oblasti dovesti do izraženijih efekata na izučavane kognitivne funkcije i sposobnosti u poređenju sa izolovanom stimulacijom prefrontalnog ili parijetalnog lokusa.

Rezultati su, međutim, pokazali da je bi-lokusna stimulacija u celini veoma neefikasna. Naime, kako u pogledu kognitivnih sposobnosti, tako i u pogledu egzekutivnih funkcija, pokazalo se da se ovaj tip stimulacije ponaša kao “loša varijanta” lažne stimulacije. Preciznije, dok u pogledu kognitivnih sposobnosti deluje da efekti bi-lokusne stimulacije prate iste trendove zabeležene u situaciji neke od mono-lokusnih stimulacija date hemisfere u poređenju sa lažnom stimulacijom, a koji su po pravilu nešto slabijeg intenziteta (npr. kod testa Analogije), u većini slučajeva se pokazuje da značajne razlike između bi-lokusne i lažne stimulacije u potpunosti izostaju (npr. u pogledu obe hemisfere na testovima Matrice, Mozaik, testovima *Gc* i Simbol; u slučaju leve hemisfere na testu Slagalica), dok se u nekim slučajevima pokazuje da je ovaj tip stimulacije, u



apsolutnim terminima, neučinkovitiji od odgovarajuće mono-lokusne stimulacije (npr. u pogledu levostrane stimulacije DLPFC za test Simbol, kao i desnostrane stimulacije PPC i DLPFC za test Vizuelna potraga). Za razliku od toga, u slučaju neverbalnog testa *Gs* zabeležena je izvesna tendencija u remećenju učinka nakon bi-lokusne stimulacije leve, dakle, za ovaj zadatak irelevantne hemisfere.

U pogledu egzekutivnih funkcija pokazalo se, takođe, da bi-lokusna stimulacija ne dovodi ni do kakvih promena u učinku u poređenju sa lažnom stimulacijom ni na jednom zadatku kada se kao ishodišna mera koristi diferencijalno vreme reakcije ili tačnost izvedbe. Takođe, u nekim slučajevima rezultati su ukazali na diferencijalne efekte bi-lokusne u poređenju sa odgovarajućim mono-lokusnim stimulacijama (u pogledu leve hemisfere i neverbalne inhibicije; u pogledu desne hemisfere na verbalnom zadatku ažuriranja). Takođe, pokazalo se da ovaj tip stimulacije dominantno remeti donošenje jednostavnih odluka budući da je zabeležena duža latencija u RT na tačne odgovore u 4 od 6 zadataka egzekutivnih funkcija nakon bi-lokusne u poređenju sa bar jednom od preostalih eksperimentalnih situacija, pri čemu se pokazalo da je jednostavno vreme reakcije u situaciji bi-lokusne u poređenju sa lažnom stimulacijom na trend-nivou, odnosno značajno duže u slučaju 2 zadatka (verbalna inhibicija i broj-slovo). Sva četiri slučaja u kojima je zabeleženo usporenje u RT nakon bi-lokusne stimulacije u poređenju sa drugim eksperimentalnim situacijama opservirana su prilikom stimulacije desne hemisfere, pri čemu su obe razlike u odnosu na lažnu stimulaciju dobijene na za stimulisanoj hemisferi nekongruentnom materijalu (desna hemisfera – verbalni materijal).

U celini, čini se da se dobijeni rezultati samo delimično mogu objasniti odnosom intenziteta stimulacije i fiziološkog te posledično kognitivnog odgovora na datu stimulaciju (engl. *dose-response*). Naime, moguće je da se bar deo odsustva promene učinka na kognitivnim merama može atribuirati dvostruko slabijem intenzitetu stimulacije po lokusu aplikacije u poređenju sa stimulacijom jednog lokusa (0.9 mA nasuprot 1.8 mA). Tako bi se nalazi koji pokazuju sličan trend efekata odgovarajućih mono-lokusnih stimulacija i bi-lokusne stimulacije, a koja pokazuje nešto slabije efekte potencijalno mogli razumeti u kontekstu razlika u intenzitetu stimulacije. Sa druge strane, čini se da bar u nekim slučajevima, efekti bi-lokusne stimulacije pokazuju devijacije od ove interpretacije potencijalno ukazujući na to da ovaj tip stimulacije, pobuđujući celokupnu hemisferu onemogućava “prirodnu” komunikaciju između dve regije te na taj način, ostajući ispod optimalnog nivoa komunikacije između regija ne uspeva da iskoristi

facilitaciju pojedinačnih lokusa uprkos adekvatnom nivou njihove ekscitabilnosti. Teza o (ne)optimalnoj komunikaciji između regija čini se posebno plauzibilnom u slučaju efekata bi-lokusne stimulacije na donošenje jednostavnih odluka nakon stimulacije za zadatak irelevantne hemisfere, a koji su zabeleženi u pogledu neverbalne kognitivne brzine nakon bi-lokusne stimulacije leve hemisfere, kao i usporenje u jednostavnom vremenu reakcije u verbalnim zadacima inhibicije i premeštanja nakon stimulacije desne hemisfere. Iz ovoga sledi da efikasno donošenje jednostavnih odluka potencijalno prvenstveno počiva na mogućnosti supresovanja za zadatak nedominantnih oblasti te suspendovanje interakcije između regija koje nisu od presudnog značaja za konkretan zadatak. Ipak na osnovu rezultata ovog istraživanja nije moguće dati nedvosmislene odgovore na navedene pretpostavke.

U svetlu dobijenih nalaza hipoteza **H6** kojom je pretpostavljeno da će bi-lokusna stimulacija dovesti do izraženijih efekata na kognitivne mere nego izolovane mono-lokusne stimulacije može se smatrati opovrgnutom.

#### **4.2.5 Generalnost i specifičnost efekata tDCS**

Izučavanje generalnosti, odnosno specifičnosti efekata neuromodulacije ima kako praktični tako i teorijski značaj. Praktični značaj se ogleda pre svega u davanju odgovora na pitanje da li jednokratna stimulacija datog lokusa sa ciljem modulacije konkretne funkcije istovremeno “pogađa” i modulira druge, sa njom funkcionalno asocirane funkcije, ili su pak opservabilni bihejvioralni efekti visoko specifični za konkretnu funkciju i dati lokus stimulacije. Takođe, ukoliko je tDCS, načelno efikasna tehnika, kao što to pokazuju neki empirijski nalazi, merenje većeg broja kognitivnih funkcija uz aplikaciju multi-lokusne stimulacije potencijalno omogućava rešavanje fundamentalnih pitanja o lokalizaciji viših kognitivnih funkcija, diferencijalnom značaju stimulisanih lokusa, kao i generalnosti-odnosno specifičnosti učešća datih neuralnih substrata u kognitivnim funkcijama od interesa.

Dosadašnji empirijski korpus nalaza o efektima tDCS na učinak u testovima kognitivnih sposobnosti veoma je ograničen. Prema našem saznanju jedina studija koja se bavila efektima tDCS na učinak na kompleksnim testovima kognitivnih sposobnosti uprkos tome što je koristila veći broj mera kognitivnih sposobnosti bila je ekskluzivno usmerena na prefrontalne regije (Sellers et al., 2015), pri čemu pitanje generalnosti,

odnosno specifičnosti efekata nije bilo u fokusu ove studije. Takođe, ranije studije koje su se bavile modulacijom egzekutivnih funkcija bile su fokusirane na izolovane egzekutivne funkcije najčešće ispitivane jednim zadatkom u situaciji stimulacije samo jednog lokusa mozga. U skladu sa tim, ove studije nisu bile u mogućnosti da pruže odgovor na pitanje da li su detektovani efekti neuromodulacije visoko specifični za stimulisanu regiju te datu egzekutivnu funkciju merenu baš tim konkretnim zadatkom ili se mogu generalizovati kroz različite zadatke date egzekutivne funkcije, kao i na sposobnosti koje stoje u osnovi različitih egzekutivnih funkcija. Takođe, dosadašnji korpus nalaza ne odgovara na pitanje da li neuromodulacija i to kojih lokusa ostvaruje efekte na neke generalne, sržne aspekte svih egzekutivnih funkcija ili su dobijeni efekti visoko specifični za dati lokus stimulacije i merenu funkciju te se ne preslikavaju na ostale aspekte egzekutivnih procesa.

Korišćenje tehnika neuromodulacije uz prikupljanje većeg broja ishodišnih mera različitih egzekutivnih funkcija i faktora sposobnosti uz korišćenje multi-lokusne stimulacije upravo omogućava davanje odgovora na navedena pitanja. Tako je jedan od ciljeva ovog istraživanja bio ispitivanje generalnosti odnosno specifičnosti efekata neuromodulacije na egzekutivne funkcije i faktore intelektualnih sposobnosti stimulacijom različitih lokusa. Na osnovu nalaza prethodnih studija generisane su dve hipoteze – jedna koja upućuje na pitanje generalnosti nasuprot specifičnosti efekata stimulacije različitih lokusa kada je reč o egzekutivnim funkcijama i druga koja upućuje na isto pitanje kada je reč o kognitivnim sposobnostima.

#### ***4.2.5.1 Generalnost i specifičnost efekata tDCS na kognitivne sposobnosti***

U pogledu kognitivnih sposobnosti, hipotezom **H7** pretpostavljeno je da će neuromodulacija prefrontalnih zona rezultovati snažnijim efektima na zajedničku varijansu širokih faktora sposobnosti (*G*) nego na varijansu specifičnu za pojedinačne markere sposobnosti. Pri tome je pretpostavljeno da u slučaju stimulacije parijetalnih zona ovakva diferencijacija neće biti ustanovljena. Ova hipoteza utemeljena je na idejama i nalazima koji govore o ključnoj ulozi prefrontalnih oblasti u podržavanju sržnih karakteristika intelektualnog funkcionisanja (Barbey, Colom, et al., 2013; Duncan, 2005; Duncan et al., 2000; Duncan, 2010; Duncan & Owen, 2000).

Rezultati koji bi govorili u prilog ovoj hipotezi morali bi pokazati iščezavanje inicijalnih efekata neuromodulacije ustanovljenih prilikom stimulacije prefrontalnih oblasti nakon parcijalizacije varijanse koja potiče od promena u  $G-u$ , pri čemu bi efekti opservirani u situaciji stimulacije parijetalnih oblasti ostali nepromenjeni ili se neznatno smanjili. Međutim, rezultati su pokazali da nakon statističke kontrole za promene u  $G$  ne dolazi do neutralisanja inicijalnih efekata neuromodulacije ni za jedan od stimuliranih lokusa. Naprotiv, pokazalo se da svi prethodno utvrđeni efekti stimulacije opstaju ili se čak pojačavaju. Tako se u pogledu prefrontalne stimulacije pokazalo da efekti na analoško rezonovanje, verbalnu kognitivnu brzinu (stimulacija levog DLPFC), kao i procesiranje vizuelnog materijala (Slagalice) (stimulacija desnog DLPFC) opstaju nakon statističke kontrole za promenu u generalnom faktoru. Takođe, pokazalo se da inicijalni efekat stimulacije parijetalnih regija (desni PPC) na neverbalnu kognitivnu brzinu opstaje nakon kontrole za promenu u  $G$ . Dodatno, pokazalo se efekti opservirani na nivou trenda na testovima fluidnih sposobnosti stimulacijom desnog PPC ostaju praktično nepromenjeni, dok trend-nivo efekta na neverbalni test Slagalice u ovoj eksperimentalnoj situaciji nakon statističke kontrole dostiže marginalnu značajnost. Konačno, poboljšanje u učinku na testu Matrica u situaciji stimulacije levog DLPFC koje je inicijalno opservirano na deskriptivnom nivou, nakon statističke kontrole za  $G$  pokazalo se značajnim ukazujući na to da su procesi koji su modulirani ovom stimulacijom, a koji su zajednički za sve testove sposobnosti očigledno maskirali facilitirajuće efekte na ovaj kognitivni test, predstavljajući njegov supresor.

Drugim rečima, čini se da neuromodulacija ne ostvaruje efekte na opšte, sržne sposobnosti koje su zajedničke za sve kognitivne sposobnosti i koje čine osnovu  $G-a$ . Naprotiv, pokazalo se da stimulacija po svoj prilici ostvaruje efekte na veoma specifične sposobnosti i to one koje leže u osnovi učinka na konkretnim testovima. Dodatno, pokazalo se da ovi inicijalni efekti opstaju i nakon statističkih kontrola za promene u domen-specifičnim sposobnostima, dok se nakon kontrole u promeni izazvanoj stimulacijom u drugom testu istog faktora sposobnosti u nekim slučajevima čak i neznatno pojačavaju.

U skladu sa dobijenim rezultatima **H7** kojom je pretpostavljen diferencijalni efekat na aspekte kognitivnih sposobnosti koje se mogu atribuirati  $G-u$ , nasuprot sposobnostima specifičnim za konkretan test, a koji bi bili u funkciji lokusa stimulacije (anteriorno-posteriorno) nije u skladu sa dobijenim podacima.

U celini čini se da dobijeni rezultati ne govore u prilog visoko lokalizovanog neuralnog “uskog grla” koje bi predstavljalo biološki substrat *G*-a, kao što neke od ranijih studija pretpostavljaju (Barbey, Colom, et al., 2013; Duncan, 2005; Duncan et al., 2000; Duncan, 2010; Duncan & Owen, 2000; Gläscher et al., 2010). Naime, neke od ranijih studija izdvajaju veoma specifične prefrontalne lokuse-kandidate za ulogu generalnog faktora kognitivnih sposobnosti na neuralnom nivou, poput DLPFC (Duncan, 2005; Duncan et al., 2000; Duncan, 2010; Duncan & Owen, 2000), ili još specifičnije Ba 10 (Gläscher et al., 2010). Ipak, verovatnije je da je aktivnost DLPFC, kao i PPC visoko specifična prilikom izvedbe različitih kognitivnih testova, diferencijalno podržavajući, uključujući i optimizujući specifične kognitivne procese i podoperacije pre nego što njihova pojedinačna aktivnost *per se* predstavlja integrativnu arhitekturu viših kognitivni procesa. Sa druge strane, čini se da su nalazi ove studije u visokoj saglasnosti sa parijeto-frontalnom teorijom integracije (vidi Jung & Haier, 2007), dok su samo parcijalno u saglasnosti sa nedavno formulisanom teorijom preklapajućih procesa (vidi Kovacs & Conway, 2016). Teorija preklapajućih procesa je hibridna u smislu da postulira koegzistenciju reflektivne i formativne strukture intelekta. Preciznije, ovaj model strukture intelekta je formativan u smislu toga da *G* predstavlja rezultat, a ne uzrok korelacija između markera kognitivnih sposobnosti, dok je istovremeno reflektivan jer na nižem nivou grupni faktori predstavljaju kauzalne konstrukte koji prouzrokuju manifestne korelacije između markera sposobnosti. Rezultati ove studije idu u prilog formativnom, ali ne i reflektivnom aspektu ove teorije. Naime, rezultati su saglasni sa koncepcijom *G* faktora koji ne predstavlja jedinstveni generalni proces ili strukturu koja prouzrokuje korelacije između različitih manifestnih varijabli već predstavlja rezultat mnoštva interakcija između preklapajućih procesa u čijoj osnovi se nalaze izdvojeni, ali povezani neuralni regioni. Ipak, rezultati ove studije ne podržavaju ideju o reflektivnoj prirodi grupnih faktora (vidi Kovacs & Conway, 2016) budući da se pokazalo da su individualni markeri istih kognitivnih sposobnosti na neuralnom planu u velikoj meri disocijativni.

Naime, uprkos tome što na psihometrijskom, tj. bihevioralnom planu testovni markeri po pravilu pokazuju snažnu konvergenciju ka odgovarajućim faktorima sposobnosti koji dalje konvergiraju ka generalnom faktoru kognitivnih sposobnosti, na taj način tvoreći hijerarhijsku mentalnu arhitekturu intelekta, postojanje jedinstvene biološke strukture koja bi predstavljala neuralni supstrat grupnih faktora i *G*-a ne čini se

verovatnom. Naime, u svetlu dobijenih nalaza, čini se da ovakvo mehanicističko preslikavanje psihometrijskih relacija na biološki plan predstavlja veoma pojednostavljen pogled na organizaciju i strukturu intelekta na neuralnom nivou.

#### **4.2.5.2 Generalnost i specifičnost efekata tDCS na egzekutivne funkcije**

Hipotezom **H8** pretpostavljeno je da će modulacija prefrontalnih zona rezultovati snažnijim efektima na zajedničku varijansu zadataka sve tri egzekutivne funkcije, kao i specifičnu varijansu ažuriranja, nego na za premeštanje i inhibiciju specifičnu varijansu, pri čemu je specifikovano da ovakva diferencijacija u slučaju modulacije parijetalnih zona neće biti dobijena. Iako je ova hipoteza dominantno eksplorativnog karaktera ona je bazirana na većem broju nalaza iz NI studija i studija lezija, a koje svedoče o ključnom značaju prefrontalnih zona mozga u egzekutivnoj funkciji ažuriranja (Barbey, Koenigs, et al., 2013; Gläscher et al., 2010; Gläscher et al., 2009; Nee et al., 2013; Niendam et al., 2012; Owen et al., 2005; Smith & Jonides, 1998; Wager & Smith, 2003), dok su nalazi o preostale dve egzekutivne funkcije nešto manje konkluzivni u pogledu dominacije prefrontalnih u odnosu na parijetalne oblasti (Alvarez & Emory, 2006; Aron et al., 2004, 2014; Collette et al., 2006; Nee et al., 2013; Niendam et al., 2012; Wager et al., 2004).

Dodatno, istraživački okvir autora trofaktorskog modela egzekutivnih funkcija ukazao je na visok stepen jedinstva, ali i diverziteta (engl. *Unity vs. diversity*) (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012) tri postulirane egzekutivne funkcije. Naime, slično kao i u pogledu kognitivnih sposobnosti i ovde se na psihometrijskom planu može govoriti o, za datu egzekutivnu funkciju specifičnim procesima i sposobnostima, kao i sposobnostima zajedničkim za sva tri kontrolna mehanizama kognicije. Ova koegzistencija jedinstva i različitosti opservirana je kako na psihometrijskom, tako i na biološkom planu (Friedman & Miyake, 2017).

Rezultati su pokazali da nakon kontrole za promenu u generalnom faktoru egzekutivnih funkcija svi prethodno utvrđeni efekti na pojedinačne egzekutivne funkcije ostaju praktično nepromenjeni, a efekti koji su prethodno zabeleženi na trend-nivou (neverbalni zadatak ažuriranja prilikom stimulacije desnog DLPFC) pokazuju približavanje nivou značajnosti. Pri tome je dobijeno da se između različitih lokusa ne mogu napraviti distinkcije u pogledu globalnosti-specifičnosti efekata neuromodulacije. U skladu sa prikazanim rezultatima čini se opravdanim zaključiti da neuromodulacija ne

utiče na neke globalne sržne procese zajedničke za sve egzekutivne funkcije, već da su ovi efekti visoko specifični, kako za ciljane lokuse, tako i za veoma specifične procese koji podržavaju svaku od egzekutivnih funkcija. Naime, nalazi koji bi govorili o tome da su efekti neuromodulacije globalni morali bi rezultovali anuliranjem, ili bar umanjnjem inicijalnih efekata nakon kontrole za promene u generalnom faktoru egzekutivnih funkcija. Takođe, ukoliko bi se pokazalo da generalne sposobnosti u osnovi svih egzekutivnih funkcija svoje neuralne osnove imaju u nekom od specifičnih lokusa parcijalizacijom zajedničke promene u generalnom faktoru opserviranom prilikom stimulacije datog lokusa u poređenju sa lažnom stimulacijom morale bi dovesti do nestanka prvobitno utvrđenih efekata stimulacije datog lokusa. Kako se pokazalo da to nije slučaj čini se verovatnim da se ne može govoriti o visokoj lokalizaciji ovih sržnih sposobnosti u jedinstvenom lokusu, kao ni o generalnim efektima neuromodulacije nezavisnim od egzekutivne funkcije koja je ispitivana.

Dodatno, pokazalo se da parcijalizacija za promenu generalnog faktora egzekutivnih funkcija unutar istog modaliteta, takođe, ne dovodi do primetnijih promena u inicijalnim efektima. Izuzetak predstavlja trend-nivo efekta koji je opserviran u slučaju kognitivne inhibicije u neverbalnom domenu prilikom stimulacije levog PPC a koji se javlja nakon kontrole za zajedničku varijansu sva tri neverbalna zadatka egzekutivnih funkcija. Drugim rečima, pokazalo se da stimulacija parijetalne oblasti leve hemisfere, za razliku od homologne oblasti desne hemisfere koja facilitira učinak, dovodi do izvesnog umanjnja efikasnosti neverbalne kognitivne inhibicije, ukazujući na značaj interhemisferne komunikacije te optimizacije aktivnosti za zadatak relevantnih u odnosu na za zadatak irelevantnih neuralnih lokusa.

Konačno, pokazalo se da statistička kontrola za promenu u drugom testovnom markeru iste kognitivne funkcije dovodi do izvesnih promena u inicijalno opserviranim efektima. Naime, izuzev neverbalne kognitivne inhibicije koja je pokazala ekskluzivni značaj parijetalnih regija desne hemisfere, efekti zabeleženi na svim zadacima ažuriranja pokazali su primetno umanjnje u efektima nakon statističke kontrole za drugu meru iste egzekutivne funkcije. Tako dobijeni rezultati veoma dobro odlikavaju prethodno ustanovljene relacije na psihometrijskom planu (Psihometrijska faza istraživanja) gde se pokazalo da su dva zadatka egzekutivne funkcije ažuriranja približno podjednako zasićena latentnim faktorom ažuriranja. Sa druge strane, za ostale egzekutivne funkcije ovakva ekvivalentnost nije dobijena, kako na psihometrijskom, tako ni na neuralnom

planu. Kako se pokazalo da svi inicijalni efekti na zadatke ažuriranja zabeleženi prilikom stimulacije, kako anteriornih, tako i posteriornih regija desne hemisfere nestaju nakon parcijalizacije stimulacijom izazvane promene na drugom zadatku ove egzekutivne funkcije čini se opravdanim zaključiti da ove regije učestvuju u monitoringu informacija u radnoj memoriji, a koje je nezavisno od domena ispitivanja, te da su pomenute regije verovatno zadužene za amodalno procesiranje informacija koje pristižu u radnu memoriju, bar kada je reč o desnoj hemisferi.

U celini dobijeni rezultati govore u prilog koncepciji egzekutivnih funkcija koje pokazuju izvestan stepen jedinstva, ali i različitosti (Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012), pri čemu su jedinstvo i diverzitet ovih funkcija prisutni na neuralnom nivou znatno kompleksniji od onog opserviranog na psihometrijskom planu. Naime, iako se jedinstvo egzekutivnih funkcija nesumnjivo oslikava u njihovim deljenim neuralnim osnovama unutar fronto-parijetalne mreže obe hemisfere, čini se da nije opravdano govoriti o ekskluzivnom značaju konkretnih moždanih lokusa u terminima nadređenih, homogenih i visoko lokalizovanih procesa koji pružaju podršku širokom opsegu egzekutivnih procesa. Takođe, čini se neopravdanim diverzitet egzekutivnih funkcija opserviran na bihevioralnom planu svoditi na jednostavnu prostornu disocijaciju pojedinačnih funkcija unutar neuralne mreže. Sa druge strane, čini se validnim pretpostaviti da, uprkos tome što dele isti lokus, procesi i podoperacije koje stoje u osnovi različitih egzekutivnih funkcija, nisu globalni, već visoko specijalizovani za datu funkciju. Naime, da centralni izvršilac predstavlja visoko lokalizovanu neuralnu strukturu te da na taj način podržava mnoštvo procesa koji leže u osnovi različitih egzekutivnih funkcija moralo bi se pokazati da neuromodulacija jedne egzekutivne funkcije, stimulacijom specifičnog lokusa nužno dovodi do promene u drugoj funkciji. Međutim, kako se pokazalo da to nije slučaj, čini se neopravdanim govoriti o takvoj monolitnoj strukturi na neuralnom planu. Naprotiv, čini se verovatnijim da su egzekutivne funkcije na neuralnom i funkcionalnom planu u visokoj meri disocijativne te da je u njihovom funkcionisanju prisutan određeni stepen paralelnosti i nezavisnosti.

U skladu sa tim **H8** kojom su pretpostavljeni diferencijalni efekti neuromodulacije prefrontalnih i parijetalnih oblasti na različite egzekutivne funkcije može se smatrati opovrgnutom.



#### 4.2.6 Učešće egzekutivnih funkcija u kogniciji višeg reda

Uprkos većem broju nalaza o relacijama intelektualnih sposobnosti i kontrolnih mehanizama kognicije demonstriranih na bihevioralnom nivou, a koji su proistekli iz psihometrijske tradicije, veoma mali broj dosadašnjih studija uporedo je ispitivao relacije egzekutivnih funkcija i faktora kognitivnih sposobnosti na neuralnom nivou. Budući da se egzekutivne funkcije shvataju kao gradivni blokovi kognicije višeg reda koji stoje u osnovi kompleksnih mentalnih operacija (Diamond, 2013; Kovacs & Conway, 2016) postavlja se pitanje prirode njihovog učešća u višoj kogniciji kao i diferencijalnom značaju pojedinačnih egzekutivnih funkcija za različite faktore kognitivnih sposobnosti. Kako su različite mere kapaciteta radne memorije, kao i egzekutivne funkcije ažuriranja najčešće dovođene u vezu sa kompleksnim zadacima intelektualnih sposobnosti (npr. Ackerman et al., 2005; Arffa, 2007; Benedek et al., 2014; Chuderski et al., 2012; Colom, 2004; Colom et al., 2008, 2005; Conway et al., 2002; Duncan et al., 2012; Engle et al., 1999; Friedman et al., 2006, 2008; Kane et al., 2004, 2005; Kyllonen & Christal, 1990; Martínez et al., 2011; McCabe et al., 2010; Miyake et al., 2001; Oberauer et al., 2005, 2008; Salthouse et al., 2003; Shelton et al., 2009; Unsworth, 2010; Unsworth et al., 2009; Wongupparaj et al., 2015), upravo sposobnosti u osnovi manipulacije sadržajem u radnoj memoriji su predlagane za bazičniji konstrukt na koji je moguće redukovati intelektualne sposobnosti (npr. Colom, 2004; Colom et al., 2005; Kyllonen & Christal, 1990; Oberauer et al., 2005). Sa druge strane, ranije psihometrijske studije uglavnom izveštavaju o odsustvu relacija između preostale dve egzekutivne funkcije i kognitivnih sposobnosti višeg reda (npr. Benedek et al., 2014; Friedman et al., 2006, 2008; Martínez et al., 2011; Oberauer et al., 2008; Wongupparaj et al., 2015) te ostaje nejasno da li ove egzekutivne funkcije imaju ekskluzivan doprinos u višim kognitivnim sposobnostima.

Malobrojne studije mapiranja lezija ukazale su na visoku korespondenciju moždanih regija koje učestvuju u nekim od egzekutivnih procesa i onih angažovanih u izvedbi kompleksnih kognitivnih zadataka (Barbey et al., 2012; Barbey, Colom, et al., 2013; Barbey et al., 2014; Barbey, Koenigs, et al., 2013; Gläscher et al., 2010; Gläscher et al., 2009). Ipak, kako se ovim studijama može prigovoriti relativno nesistematičan izbor ishodišnih mera, koje često predstavljaju generičke pre nego fokalne operacionalizacije kako kognitivnih sposobnosti, tako i egzekutivnih funkcija čini se da ovi nalazi nisu u mogućnosti da pruže odgovor na pitanje o specifičnom učešću svake od egzekutivnih funkcija u pojedinačnim faktorima kognitivnih sposobnosti. Takođe, ovde

treba imati na umu da izučavanje učešća egzekutivnih funkcija u kognitivnim sposobnostima na kliničkoj populaciji sa sobom nosi niz teškoća o kojima je već bilo reči, a koje izučavanje pomenutog istraživačkog problema na zdravim ispitanicima potencijalno rešava.

U skladu sa tim, poslednji cilj ovog istraživanja bio je ispitivanje učešća egzekutivnih funkcija u kogniciji višeg reda modulacijom njihovih deljenih neuralnih osnova. Preciznije, ovo istraživanje pokušalo je da adresira pitanje stepena korespondencije i preslikavanja relacija između faktora kognitivnih sposobnosti opserviranih na psihometrijskom planu na neuralni plan. Pitanje učešća egzekutivnih funkcija u kogniciji višeg reda u okviru ovog istraživanja adresirano je proverom opstanka inicijalno opserviranih efekata neuromodulacije na kompleksnim testovima kognitivnih sposobnosti nakon parcijalizacije promena u učinku na pojedinačnim zadacima egzekutivnih funkcija u situacijama odgovarajuće aktivne u odnosu na lažnu situaciju. U skladu sa tim ukoliko bi se pokazalo da nakon parcijalizacije varijanse koja potiče od promena u učinku na zadacima egzekutivnih funkcija inicijalni efekti na kognitivne sposobnosti opstaju moglo bi se zaključiti da je efekat neuromodulacije direktan te da data funkcija ne učestvuje nužno u konkretnom faktoru sposobnosti. Sa druge strane, ukoliko bi se pokazalo da efekti neuromodulacije nakon parcijalizacije promena u odgovarajućim bazičnijim funkcijama nestaju, moglo bi se tvrditi da je efekat na višu kogniciju delimično ili u potpunosti posredovan facilitacijom/inhibicijom date egzekutivne funkcije koja sumira set bazičnijih kognitivnih procesa.

Rezultati su pokazali da je statističkom kontrolom promena u odgovarajućim ishodišnim merama egzekutivnih funkcija moguće neutralisati svaki od inicijalno dobijenih efekata na višu kogniciju. Tako se pokazalo da su efekti na procesiranje kompleksnog vizuelnog materijala (test Slaglica) u potpunosti posredovani efektima na ažuriranje informacija u radnoj memoriji. Takođe, pokazalo se da su facilitacije procesa manipulacije vizuelnim sadržajima potencijalno bar delimično posredovani i kognitivnom inhibicijom, odnosno efikasnošću premeštanja. Sa druge strane, pokazalo se da su efekti neuromodulacije na *Gs* ekskluzivno posredovani egzekutivnom funkcijom ažuriranja. Nadalje, efekti stimulacije na učinak u analoškom rezonovanju pokazali su se dominantno posredovanim neuromodulacijom egzekutivne funkcije premeštanja. Sličan obrazac rezultata dobijen je i u pogledu neverbalnog testa fluidnog rezonovanja Matrice. Ipak, za razliku od Analogija gde se pokazalo da “dobitak” u premeštanju anulira

negativan efekat na analoško rezonovanje, u pogledu mere neverbalnog fluidnog rezonovanja pokazalo se da “dobitak” u premeštanju na trend-nivou maskira i supresuje facilitaciju učinka u ovom testu. Isto tako, pokazalo se da kontrola za odgovarajuću meru premeštanja dovodi do izvesnog umanjenja pozitivnog efekta neuromodulacije na vizuelno procesiranje (test Slagalica).

Sa druge strane, statističkim neutralisanjem efekata u ažuriranju informacija u radnoj memoriji, negativni efekti neuromodulacije na fluidno rezonovanje (Matrice i Analogije), a koji su nakon stimulacije posteriornih oblasti desne hemisfere inicijalno opservirani na trend-nivou, pokazali su približavanje odnosno dostizanje nivoa značajnosti ukazujući na to da su su promene u ažuriranju zapravo maskirale privremene deficite do kojih je dovela stimulacija ovog lokusa. Konačno, kontrolom za odgovarajuće efekte na ažuriranje prilikom stimulacije desnog DLPFC inicijalano negativan trend-nivo efekta dostigao je statističku značajnost ukazujući na to da su i u ovom slučaju efekti na ažuriranje maskirali deficite na fluidno rezonovanje do kojih je došlo nakon stimulacije ovog lokusa. Slični trendovi zabeleženi su i nakon kontrole za promene u kognitivnoj inhibiciji.

U celini, dobijeni nalazi u velikoj meri korespondiraju sa prethodno opserviranim psihometrijskim relacijama između egzekutivnih funkcija i faktora kognitivnih sposobnosti, pri čemu se može reći da je verovatnoća moduliranja učinka na markerima odgovarajućih faktora kognitivnih sposobnosti načelno u funkciji broja i intenziteta povezanosti datog faktora sa latentnim dimenzijama egzekutivnih funkcija dobijenih na psihometrijskom planu.

Na nivou pojedinačnih mera, najveći broj relacija između različitih markera kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija upravo je dobijen za mere ažuriranja. Takođe, upravo različite mere koje zahvataju sposobnosti u osnovi ažuriranja informacija u radnoj memoriji često su u ranijim studijama detektovane kao najsnažniji korelati širokih faktora sposobnosti. (npr. Benedek et al., 2014; Friedman et al., 2006, 2008; Martínez et al., 2011; Oberauer et al., 2008; Wongupparaj et al., 2015).

Naime, rezultati ovog istraživanja upravo su pokazali da ažuriranje predstavlja dominantan medijator efekata neuromodulacije na kompleksne intelektualne procese. Na taj način su relacije između jednog od markera vizuelnog procesiranja, kao i mera kognitivne brzine prethodno opserviranih na psihometrijskom planu, direktno preslikane

na neuralni plan. Dalje, pokazalo se da se negativne relacije između analoškog rezonovanja i mera egzekutivne funkcije premeštanja<sup>26</sup> dobijene na psihometrijskom nivou, takođe, preslikavaju i na neuralni plan. Sa druge strane, pokazalo se da uprkos tome što neuromodulacija ostvaruje efekte na neke od egzekutivnih funkcija, ovakvi efekti nisu zabeleženi u pogledu mera *Gc-a*. Ovaj podatak direktno je komparabilan sa nalazima psihometrijske faze istraživanja u kojoj je pokazano da upravo mere *Gc-a* ostvaruju najmanji broj relacija sa kontrolnim mehanizmima kognicije te upućuju na to da su procesi koje leže u osnovi ovih sposobnosti u velikoj meri, mada izvesno ne u potpunosti, ortogonalni.

Dalje, pokazalo se da je odnos između fluidnih kapaciteta i egzekutivnih funkcija na neuralnom nivou značajno složeniji nego što se to može činiti na osnovu njihovih psihometrijskih relacija, te da se jednostavna redukcionistička hipoteza o svođenju fluidnih kapaciteta na sposobnosti manipulacije informacijama u radnoj memoriji (npr. Colom, 2004; Colom et al., 2005; Kyllonen & Christal, 1990; Oberauer et al., 2005) čini malo verovatnom. Naime, uprkos tome što se pokazalo da facilitacija ažuriranja direktno vodi pospešivanju vizuelnog procesiranja i kognitivne brzine, ovakav trend nije opserviran u pogledu mera fluidnog rezonovanja. Nasuprot tome, pokazalo se da facilitacija ažuriranja ne posreduje efekte neuromodulacije na fluidno rezonovanje, već da efekti na ažuriranje i fluidno rezonovanje koji su suprotnog smera mogu koegzistirati. Drugim rečima, pokazalo se da stimulacija anteriornih i posteriornih oblasti desne hemisfere pozitivno modulira egzekutivnu funkciju ažuriranja istovremeno remeteći fluidno procesiranje. Ovaj nalaz je u suprotnosti sa mehanicističkim shvatanjem relacija između fluidnih sposobnosti po kom se tvrdi da veći kapacitet za manipulaciju nad sadržajima u radnoj memoriji čini osnovu fluidnih sposobnosti koje, dalje, reprezentuju centralni aspekt opšte sposobnosti. Ipak dobijene rezultate ne treba interpretirati u svetlu paralelizma u funkcionisanju ovih sposobnosti. Nasuprot tome, čini se da se dobijeni nalazi upravo mogu korektno interpretirati unutar okvira visoke međuzavisnosti pomenutih funkcija i sposobnosti. Tako se čini verovatnim da sposobnosti ažuriranja u

---

<sup>26</sup>Negativne relacije egzekutivne funkcije premeštanja sa intelektualnim sposobnostima, iako načelno neočekivane nisu novost u literaturi. Naime, neke od ranijih studija, takođe, su ukazale da za premeštanje specifična varijansa negativno korelira sa kompozitnim merama kognitivnih sposobnosti (Friedman et al., 2008). Diferencijalne relacije premeštanja sa kognitivnim sposobnostima u poređenju sa drugim egzekutivnim funkcijama mogu se interpretirati u svetlu (dis)balansa između koegzistencije inkompatibilnih ciljeva (engl. *trade-off*), odnosno snage i stabilnosti reprezentacija u radnoj memoriji koje stoje u osnovi zajedničke varijanse egzekutivnih funkcija, sa jedne, nasuprot automatske i nekontrolisane perzistencije ciljnih reprezentacija u svesti, sa druge strane (Herd et al., 2014).

radnoj memoriji predstavljaju nužnu, ali ne i dovoljnu podršku fluidnim sposobnostima. Naime, da ažuriranje predstavlja i dovoljnu i nužnu osnovu fluidnih sposobnosti, facilitacija ažuriranja stimulacijom datog lokusa morala bi dovesti do pospešivanja, a odsustvo facilitacije do izostanka poboljšanja u postignuću na merama fluidnog rezonovanja. Međutim, kako se pokazalo da facilitacija ažuriranja ne dovodi do poboljšanja već samo parcijalno nadomešćuje i umanjuje privremene deficite fluidnog rezonovanja izazvane stimulacijom, čini se opravdanim zaključiti da sposobnosti ažuriranja predstavljaju nužan, ali ne i dovoljan uslov za efikasno rezonovanje.

Konačno, kao što je ranije i rečeno, čini se izvesnim da eksperimentalna manipulacija ove vrste ekscitira lokuse od interesa za fluidno rezonovanje, ali da to samo po sebi ne dovodi nužno do pozitivnih efekata, odnosno da ova povećana ekscitacija potencijalno onemogućava optimizaciju uključivanja i suspendovanja relevantnih procesa i podoperacija u izvedbi zadataka ovog tipa, a čini se da je efikasna optimizacija ovih procesa upravo od ključnog značaja za fluidne kapacitete (Barbey, 2018; Ferguson, Anderson, & Spreng, 2017), ali ne za i druge aspekte kognitivnih sposobnosti.

Na kraju, čini se da dobijeni nalazi u velikoj meri podržavaju osnovne koncepte teorije preklapajućih procesa (Kovacs & Conway, 2016) po kojoj egzekutivni procesi i faktori kognitivnih sposobnosti dele široko distribuiranu mrežu pri čemu egzekutivni procesi predstavljaju osnovnu mentalnu i neuralnu podršku višim kognitivnim procesima. Ipak, nalazi ove studije dovode u pitanje unitarnu ulogu egzekutivnih procesa u kogniciji višeg reda, te ukazuju na uloge vrlo specifičnih aspekata egzekutivnih procesa u različitim kognitivnim sposobnostima sa kojima dele isti neuralni lokalitet. Sa druge strane, specifičnost efekata neuromodulacije na fluidne kapacitete upućuje na zaključak da je egzekutivna podrška ovim sposobnostima znatno složenija i da potencijalno pre zavisi od dinamičke rekonfiguracije aktivacije i deaktivacije relevantnih neuralnih lokusa nego od jednostavne aktivacije izolovanih neuralnih mreža (vidi Barbey, 2018).

#### **4.3 Mogućnosti i dometi primene tDCS u ispitivanju neuralnih osnova kognitivnih funkcija**

Imajući u vidu prikazane rezultate, a posebno nalaze koji govore o tome da tDCS ostvaruje efekte na jedne, ali ne i na druge zadatke kojima se meri neki kognitivni domen, nameće se potreba za preispitivanjem same tDCS kao tehnike za izvođenje zaključaka o

neuralnim osnovama viših kognitivnih procesa. Na ovom mestu biće dat kratak osvrt na samu tehniku i aktuelnu debatu o mogućnostima i dometima tDCS u modulaciji kognitivnih funkcija.

Kako su pojedinačne studije efekta tDCS na kognitivne funkcije često visoko specifične u pogledu dizajna i mera ishoda, pojavila se potreba za sistematizacijom dosadašnjih nalaza radi pouzdanije procene mogućnosti primene neinvazivne neuromodulacije, pre svega u cilju poboljšanja viših kognitivnih funkcija. Jedna od prvih preglednih studija zaključila je da tDCS ostvaruje pozitivne efekte na radnu memoriju, pažnju i perceptivne funkcije (Coffman, Clark, & Parasuraman, 2014). Ipak ovaj zaključak nije nedvosmisljeno podržan radovima koji su se oslonili na kvantitativne meta-analitičke tehnike pri analizi efekata tDCS. Naime, u meta-analitičkoj studiji fokusiranoj na egzekutivnu funkciju ažuriranja zaključeno je da je tDCS efikasna u facilitaciji vremena reakcije, ali ne i tačnosti u ovim zadacima (Brunoni & Vanderhasselt, 2014). Značajan skepticizam u mogućnost modulacije kognitivnih funkcija uvode meta-analitičke studije Horvata i saradnika (Horvath, Forte, & Carter, 2014, 2015) koji na osnovu analize efekata tDCS na širok spektar kognitivnih funkcija zaključuju da izolovani tretman (jedna sesija) ne dovodi do promena u bihevioralnim merama kognitivnih funkcija, odnosno ne ostvaruje pouzdane efekte na širok spektar kognitivnih funkcija uključujući pamćenje, verbalne i egzekutivne funkcije. Ipak, nedugo potom ovi radovi naišli su na oštru kritiku (vidi Price & Hamilton, 2015) koja je ukazala na to da u radu Horvata i saradnika postoje “supstantivni metodološki propusti” koji se ogledaju između ostalog u “nekonzistentnoj i neadekvatnoj selekciji podataka”. Ista grupa autora (Price, McAdams, Grossman, & Hamilton, 2015), nakon sprovođenja ponovne meta-analize zaključuje da tDCS proizvodi “značajne i pouzdane efekte” na kognitivne mere poput verbalne fluentnosti i učenja novih reči.

Kako je postalo jasno da je sintezom postojeće empirijske građe moguće izvesti oprečne zaključke, meta-analitičke studije koje su usledile usmerile su se pre na identifikaciju faktora koji utiču na to da tDCS ostvaruje, odnosno ne ostvaruje efekte, nego na pokušaje izvođenja opštijih zaključaka o korisnosti ove tehnike u cilju modulacije kognitivnih funkcija. Tako su prikazani nalazi koji ukazuju na to da tDCS utiče na vreme reakcije na širokom spektru kognitivnih mera, ali da su efekti stimulacije na mere tačnosti,

direktno zavisni od intenziteta stimulacije (Dedoncker et al., 2016)<sup>27</sup>. Zatim, pokazano je da tDCS ostvaruje efekte, kako na tačnost, tako i na vreme reakcije u zadacima ažuriranja informacija u radnoj memoriji, ali samo kada je kognitivni učinak meren u *off-line* fazi (Hill et al., 2016). Takođe, dobijeni su meta-analitički efekti stimulacije levog DLPFC na mere radne memorije koji, međutim, nakon kontrole za pristrasnost u publikovanju prestaju da budu značajni (Mancuso, Ilieva, Hamilton, & Farah, 2016). Sa druge strane, autori jedne skorašnje meta-analize (Medina & Cason, 2017) zabeležili su odsustvo efekata tDCS na mere radne memorije te ovaj negativni nalaz atribuirali činjenici da većina dosadašnjih studija nema dovoljnu snagu da detektuje potencijalne bihevioralne posledice tDCS.

Sve navedene meta-analitičke studije suočavaju se sa brojnim metodološkim problemima, među kojima su, pre svega, pitanje kriterijma za uključivanje pojedinačnih studija u analizu, zatim heterogenost dizajna i ishodišnih mera, kao i generalno relativno mali broj dosada sprovedenih studija. Naime, neke od pomenutih meta-analiza vrše poređenje inherentno različitih funkcija kao što su npr. mentalna aritmetika, epizodička memorija, emocionalno procesiranje slika, itd. (vidi Horvath et al., 2015). Većina njih zajednički analizira sve tDCS studije, ne uzimajući u obzir dužinu trajanja stimulacije, pozicioniranje elektroda (kako elektrode od interesa tako ni referentne elektrode), intenzitet stimulacije, a u nekim slučajevima čak ni polaritet. Konačno, ono što čini se u najvećoj meri zamagljuje nalaze su heterogene ishodišne mere kognitivnih funkcija. Naime, pri evaluaciji efekata autori meta-analitičkih studija često kao termine za pretragu koriste široke termine što rezultuje zajedničkim posmatranjem efekata na zadacima kao što su npr. Test implicitnih asocijacija (engl. *Implicit Association Test*), Zadatak imenovanja slika (engl. *Picture naming task*), i Ponavljanje brojeva unazad (engl. *Backward digit-span*), i sl. (vidi Dedoncker et al., 2016). Jedna od retkih meta-studija (Imburgio & Orr, 2018) u kojoj su autori sistematizovali dosadašnje nalaze o modulaciji egzekutivnih funkcija u skladu sa aktuelnim modelima kontrolnih mehanizama kognicije (Miyake et al., 2000) pokazala je da generalni efekti tDCS na egzekutivne funkcije izostaju, pri čemu je zabeleženo da tDCS ostvaruje pozitivne efekte na mere ažuriranja, dok tDCS nema uticaj na mere kognitivne inhibicije i premeštanja.

---

<sup>27</sup> Ipak, treba imati u vidu da jedna skorašnja studija direktno osparava ovaj nalaz (vidi Nikolin et al., 2018).

U celini, čini se da se dosadašnje meta-studije u velikoj meri mogu okarakterisati kao preuranjene. Naime, iako poslednjih godina raste interesovanje za korišćenje ove tehnike, broj studija koje su se fokusirale na pojedinačne kognitivne funkcije je i dalje veoma skroman<sup>28</sup>, a budući da nalazi upućuju na diferencijalne efekte tDCS na različite kognitivne funkcije, kao i različite ishodišne mere istih funkcija čini se da dosadašnja empirijska građa nije dostigla kritičnu masu empirijskih radova koji bi omogućili donošenje pouzdanih i konačnih zaključaka o efikasnosti ove tehnike u pogledu modulacije kognitivnih funkcija. Kako su u dosadašnje meta-studije uključivani veoma heterogeni – klinički i neklinički i po pravilu mali uzorci ispitanika, zajedno sa veoma heterogenim merama različitih kognitivnih funkcija, i koji su koristili veoma heterogene tDCS protokole, čini se da dosadašnje meta-studije, iako veoma vredne, nisu u stanju da pruže nedvosmislene zaključke o efikasnosti tDCS na više kognitivne funkcije.

Nalazi ovog istraživanja, sa druge strane, govore u prilog tome da je sistematičnim, na aktuelnim teorijskim modelima zasnovanim i empirijski podržanim procesom odabira odgovarajućih ishodišnih mera moguće zabeležiti efekte tDCS, kako na bazičnije kognitivne funkcije, tako i na veoma kompleksne kognitivne sposobnosti. Dodatno, u ovoj studiji se pokazalo da u velikoj meri zanemarene posteriorne oblasti mozga pokazuju veliki potencijal kao lokus čijom stimulacijom je moguće ostvariti značajne bihevioralne efekte. Konačno, treba imati na umu da uprkos tome što se u pogledu izučavanja fundamentalnih kognitivnih procesa korišćenjem tDCS, a u cilju približavanja kauzalnim zaključcima, ova tehnika može smatrati superiornom u odnosu na NI studije i studije lezija, njeni dometi u izučavanju neuralnih osnova i relacija između različitih kognitivnih funkcija su nesumnjivo ograničeni, budući da je odlikuje slabija fokalnost, tj. nedovoljna prostorna rezolucija u odnosu na npr. fMRI ili TMS. U skladu sa tim tDCS ne može pružiti odgovor na pitanja o funkcionalnoj asimetriji i organizaciji bliskih i visoko lokalizovanih regiona mozga, ali se nameće kao tehnika izbora u izučavanju specijalizacije i diferencijalnog značaja široko definisanih lokusa i njihovog funkcionalnog doprinosa u fundamentalnim i višim kognitivnim procesima. Konačno, u cilju korišćenja tDCS kao jedne od dominantnih tehnika u ispitivanju neuralnih osnova

---

<sup>28</sup> Broj istraživanja uključenih u meta-analitičke studije svakako je veći za studije koje su se fokusirale na više kognitivnih domena (npr. Dedoncker et al. (2016) – 61; Horwath et al. (2015) – 53), nego studije koje su se ograničile na nekoliko usko definisanih kognitivnih domena (npr. Imburgio & Orr (2018) – 27; Price et al. (2014) – 11), ili pak na jedan kognitivni domen (npr. Brunoni & Vanderhasselt (2014) – 8; Hill et al. (2016) – 16; Mancuso et al. (2016) – 31).



kognitivnih funkcija nameće se neophodnost rasvetljavanja tačnog fiziološkog mehanizma delovanja ove tehnike koji u ovom trenutku nije sasvim izvestan (vidi Stagg & Nitsche, 2011), kao i utvrđivanje faktora koji stoje u osnovi individualnih razlika u responzivnosti na stimulaciju.

#### **4.4 Značaj, ograničenja i implikacije nalaza**

Prikazana studija predstavlja najopsežnije istraživanje neuralnih osnova egzekutivnih funkcija i kognitivnih sposobnosti korišćenjem neke od tehnika neinvazivne neuromodulacije. Naime, sve dosadašnje studije ispitivanja neuralnih osnova kontrolnih mehanizama kognicije korišćenjem tDCS usmerile su se na ispitivanje manjeg broja neuralnih lokusa merenjem bihevioralnih efekata na izolovane kognitivne funkcije najčešće procenjivane samo jednim zadatkom. Takođe, broj studija koje su za cilj imale ispitivanje neuralnih osnova kognitivnih sposobnosti korišćenjem tDCS veoma je ograničen, pri čemu jedina studija koja je na ovaj način izučavala kognitivne sposobnosti, uprkos tome što je koristila veći broj ishodišnih mera, nije bila metodološki osmišljena tako da maksimizuje verovatnoću detektovanja efekata neuromodulacije, te da omogući davanje odgovora o značaju anteriornih i posteriornih neuralnih regija u višim kognitivnim procesima.

Za razliku od toga, ova studija koristila je parametre tDCS za koje je utvrđeno da povećavaju verovatnoću detektovanja efekata neuromodulacije (Imburgio & Orr, 2018), na taj način čineći je superiornijom sa metodološkog aspekta u odnosu na dosadašnja istraživanja. Sa teorijskog aspekta, ova studija je osmišljena tako da pokrije najveći broj relevantnih mera kognitivnog performansa postuliranih aktuelnim sistematizacijama kako egzekutivnih funkcija tako i širokih faktora kognitivnih sposobnosti. Sve korišćene mere su u skladu sa ciljevima istraživanja sistematično osmišljene i selektovane tako da na ekonomičan, pouzdan i validan način procenjuju kognitivne funkcije i sposobnosti od interesa za ovu studiju, pri čemu su kvalitet i adekvatnost kognitivnih mera psihometrijski demonstrirani u okviru ove studije, što ukazuje na to da mogu predstavljati korisnu dopunu postojećeg korpusa instrumenata za merenje viših kognitivnih funkcija. Dodatno, za razliku od ranijih studija, u okviru ovog istraživanja ispitan je diferencijalni značaj različitih neuralnih lokusa u višim kognitivnim procesima. Konačno, multi-lokusno ispitivanje efekata neuromodulacije na veliki broj kognitivnih ishodišnih mera omogućilo

je proveru, kako specifičnosti-generalnosti efekata neuromodulacije, tako i ispitivanje prirode učešća egzekutivnih funkcija u kogniciji višeg reda na taj način prevazilazeći domete dosadašnjih psihometrijskih studija, kao i studija neuromodulacije, validirajući i dopunjujući postojeći korpus znanja te pružajući odgovore na neka od fundamentalnih pitanja koja se tiču neuralne arhitekture viših kognitivnih funkcija, na taj način adresirajući neke od osnovnih postavki aktuelnih teorija o neuralnim osnovama viših kognitivnih funkcija (Barbey, 2018; Haier & Jung, 2016; Jung & Haier, 2007; Kovacs & Conway, 2016).

Ipak, kao i dosadašnje studije i ovo istraživanje ima nekoliko ograničenja koja je potrebno istaći. Pre svih, veličina uzorka regrutovanog za ovo istraživanje pokazala se potencijalno nedovoljnom za detektovanje malih razlika u efektivnosti stimulacije različitih lokusa, ali potencijalno i detektovanje efekata na merama koje se baziraju na vremenima reakcije, a koje su pokazale povećanu intraindividualnu varijabilnost u poređenju sa većinom mera tačnosti unoseći nesistematski šum i smanjujući pouzdanost korišćenih mera. Pored nedovoljne pouzdanosti nekih mera, čini se da se bar deo varijanse greške može atribuirati nepouzdanosti samih ispitanika, odnosno varijacijama u kognitivnim učincima koji se ne mogu pripisati efektima stimulacije, kao ni efektima uvežbavanja već, pre svega, nekim od nekognitivnih faktora (npr. početnoj testovnoj anksioznosti, promenama u raspoloženju, motivaciji, zamoru, i sl.) a koji su potencijalno doprineli nesistematskim intraindividualnim varijacijama u postignuću.

Dodatno, sastav uzorka koji je učestvovao u ovom istraživanju, a koji su dominantno činili mladi pojedinci natprosečnih kognitivnih sposobnosti delimično umanjuje generalizabilnost dobijenih nalaza. Naime, budući da su podaci prikupljeni na ovoj visoko selekcionisanoj i relativno homogenoj grupi individua postavlja se pitanje da li se dobijeni rezultati mogli generalizovati na populaciju pojedinaca heterogenijih svojstava, odnosno većeg uzrasnog raspona i raznovrsnijih nivoa sposobnosti, kao i populaciju osoba sa neuralnim oštećenjima. Ovo ograničenje se posebno odnosi na generalizabilnost nalaza koji govore u prilog specifičnosti efekata neuromodulacije budući da je poznato da *G* ima veću eksplanatornu moć na uzorcima nižih intelektualnih sposobnosti u poređenju sa individuama koje odlikuje viši nivo kognitivnih sposobnosti (Kovacs & Conway, 2016; Spearman, 1927). Takođe, ostaje nejasno da li neki od potencijalnih efekata neuromodulacije nisu detektovani usled individualnih razlika u

responzivnosti na stimulaciju budući da neke od studija ukazuju na to da je odgovor na stimulaciju moduliran genetskim razlikama u specifičnim alelima.

Konačno, snaga nalaza ove studije bila bi dodatno ojačana kombinovanjem tehnika NI i neinvazivne neuromodulacije, a koje bi u sadejstvu mogle empirijski dokumentovati fiziološku prirodu ostvarenih efekata stimulacije te razlike opservirane na bihevioralom nivou neupitno atribuirati ostvarenim biološkim efektima.

## 5 ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bila je provera mogućnosti neuromodulacije viših kognitivnih funkcija primenom transkranijalne stimulacije jednosmernom strujom, te provera lateralizacije i doprinosa anteriornih i posteriornih moždanih lokusa višoj kogniciji, kao i procena globalnosti-specifičnosti efekata neuromodulacije i učešća izvršnih funkcija kognicije u višim kognitivnim procesima. Rezultati su pokazali da je neinvazivnom stimulacijom ključnih čvorišta fronto-parijetalne funkcionalne mreže, načelno, moguće modulirati kognitivne funkcije, pri čemu su efekti na izvršne mehanizme kognicije nešto izraženiji nego što je to slučaj sa kognitivnim sposobnostima višeg reda. Takođe, pokazalo se da su efekti neuromodulacije u izvesnoj meri zavisni od lateralizacije i domena ispoljavanja ispitivanih funkcija pri čemu je nešto jasnija lateralizacija ustanovljena u slučaju kognitivnih sposobnosti nego egzekutivnih funkcija. Rezultati govore u prilog tome da anteriorne regije leve hemisfere imaju nešto veći značaj za višu kogniciju od posteriornih, dok diferencijacija u učešću anteriornih i posteriornih oblasti desne hemisfere nije tako jasna. Dodatno, pokazalo se da su efekti tDCS na više kognitivne funkcije veoma specifični te nezavisni od procesa centralnih za opštu kognitivnu sposobnost odnosno centralnu izvršnu komponentu sistema za obradu informacija, dovodeći u pitanje tezu o visoko lokalizovanim neuralnim supstratima *G* faktora i centralnog izvršioca. Naime, čini se da mehanicističko preslikavanje psihometrijskih relacija na biološki plan predstavlja veoma pojednostavljen pogled na organizaciju i strukturu kognicije na neuralnom nivou te da pomenute dve kognitivne strukture na neuralnom nivou nisu monolitne, već da pre predstavljaju produkt mnoštva interakcija između preklapajućih procesa u čijoj osnovi se nalaze izdvojeni, ali povezani neuralni lokusi. Konačno, pokazalo se da se relacije između kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija opservirane na psihometrijskom planu u velikoj meri preslikavaju na neuralni plan, što upućuje na zaključak da izvršni kognitivni procesi, a pre svega egzekutivna funkcija ažuriranja, predstavljaju gradivne blokove kognicije višeg reda koji direktno podržavaju složenije kognitivne procese. Ipak, iako se redukcionistička hipoteza o svođenju nekih intelektualnih sposobnosti na efikasnost egzekutivnih procesa čini verovatnom, često zastupana teza o redukciji fluidnog rezonovanja na sposobnosti

manipulacije informacijama u radnoj memoriji imajući u vidu nalaze ovog istraživanja ne čini se plauzibilnom. Naime, rezultati upućuju na to da je egzekutivna podrška fluidnim sposobnostima znatno složenija i da pre zavisi od dinamičke optimizacije i rekonfiguracije relevantnih funkcija i procesa nego od jednostavne aktivacije izolovanih neuralnih lokusa. Na kraju, iako ovo istraživanje nije dalo konačne odgovore na pitanje neuralne arhitekture viših kognitivnih funkcija, ono predstavlja korak ka boljem razumevanju teorijskih modela više kognicije u kontekstu njihovih neuralnih osnova.

## 6 LITERATURA

- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working Memory and Intelligence: The Same or Different Constructs? *Psychological Bulletin*, *131*(1), 30–60. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.30>
- Alvarez, J. A., & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: a meta-analytic review. *Neuropsychol Review*, *16*(1), 17–42. <https://doi.org/10.1007/s11065-006-9002-x>
- Andrews, S. C., Hoy, K. E., Enticott, P. G., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2011). Improving working memory: the effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct current stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex. *Brain Stimulation*, *4*(2), 84–89. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2010.06.004>
- Ardila, A., Pineda, D., & Rosselli, M. (2000). Correlation between intelligence test scores and executive function measures. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *15*(1), 31–36. [https://doi.org/10.1016/S0887-6177\(98\)00159-0](https://doi.org/10.1016/S0887-6177(98)00159-0)
- Arffa, S. (2007). The relationship of intelligence to executive function and non-executive function measures in a sample of average, above average, and gifted youth. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *22*(8), 969–978. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2007.08.001>
- Aron, A. R., Robbins, T. W., & Poldrack, R. A. (2004). Inhibition and the right inferior frontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*(4), 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.02.010>
- Aron, A. R., Robbins, T. W., & Poldrack, R. A. (2014). Inhibition and the right inferior frontal cortex: one decade on. *Trends in Cognitive Sciences*, *18*(4), 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.12.003>
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, *255*, 556–559. <https://doi.org/10.1037/a0016338>

- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *49*, 5–28.  
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/713755608>
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, *4*(10), 829–839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Banich, M. T. (2009). Executive Function: The Search for an Integrated Account. *Current Directions in Psychological Science*, *18*(2), 89–94.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01615.x>
- Barbey, A. K. (2018). Network Neuroscience Theory of Human Intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*, *22*(1), 8–20. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.10.001>
- Barbey, A. K., Colom, R., & Grafman, J. (2013). Dorsolateral prefrontal contributions to human intelligence. *Neuropsychologia*, *51*(7), 1361–1369.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.05.017>
- Barbey, A. K., Colom, R., Paul, E. J., & Grafman, J. (2014). Architecture of fluid intelligence and working memory revealed by lesion mapping. *Brain Structure and Function*, *219*(2), 485–494. <https://doi.org/10.1007/s00429-013-0512-z>
- Barbey, A. K., Colom, R., Solomon, J., Krueger, F., Forbes, C., & Grafman, J. (2012). An integrative architecture for general intelligence and executive function revealed by lesion mapping. *Brain*, *135*(4), 1154–1164.  
<https://doi.org/10.1093/brain/aws021>
- Barbey, A. K., Koenigs, M., & Grafman, J. (2013). Dorsolateral prefrontal contributions to human working memory. *Cortex*, *49*(5), 1195–1205.  
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.05.022>
- Beeli, G., Casutt, G., Baumgartner, T., & Jäncke, L. (2008). Modulating presence and impulsiveness by external stimulation of the brain. *Behavioral and Brain Functions*, *4*, 1–7. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-4-33>
- Beier, M. E., & Ackerman, P. L. (2005). Working Memory and Intelligence: Different Constructs. Reply to Oberauer et al. (2005) and Kane et al. (2005). *Psychological Bulletin*, *131*(1), 72–75. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.72>

- Benedek, M., Jauk, E., Sommer, M., Arendasy, M., & Neubauer, A. C. (2014). Intelligence, creativity, and cognitive control: The common and differential involvement of executive functions in intelligence and creativity. *Intelligence*, 46(1), 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2014.05.007>
- Berryhill, M. E., & Jones, K. T. (2012). tDCS selectively improves working memory in older adults with more education. *Neuroscience Letters*, 521(2), 148–151. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.05.074>
- Bikson, M., Datta, A., & Elwassif, M. (2009). Establishing safety limits for transcranial direct current stimulation. *Clinical Neurophysiology*, 120(6), 1033–1034. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.03.018>
- Bogdanov, M., & Schwabe, L. (2016). Transcranial Stimulation of the Dorsolateral Prefrontal Cortex Prevents Stress-Induced Working Memory Deficits. *Journal of Neuroscience*, 36(4), 1429–1437. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3687-15.2016>
- Boggio, P. S., Ferrucci, R., Rigonatti, S. P., Covre, P., Nitsche, M., Pascual-Leone, A., & Fregni, F. (2006). Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 249(1), 31–38. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2006.05.062>
- Brancucci, A. (2012). Neural correlates of cognitive ability. *Journal of Neuroscience Research*, 90, 1299–1309. <https://doi.org/10.1002/jnr.23045>
- Brunoni, A. R., Ferrucci, R., Bortolomasi, M., Vergari, M., Tadani, L., Boggio, P. S., ... Priori, A. (2011). Transcranial direct current stimulation (tDCS) in unipolar vs. bipolar depressive disorder. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 35(1), 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2010.09.010>
- Brunoni, A. R., Nitsche, M. A., Bolognini, N., Bikson, M., Wagner, T., Merabet, L., ... Bolognini, N. (2013). Clinical Research with Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): Challenges and Future Directions. *Brain Stimulation*, 5(3), 175–195. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2011.03.002>



- Brunoni, A. R., & Vanderhasselt, M.-A. (2014). Working memory improvement with non-invasive brain stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex: A systematic review and meta-analysis. *Brain and Cognition*, *86*, 1–9.  
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.01.008>
- Carpenter, P. A., Just, M. A., & Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: A theoretical account of the processing in the Raven progressive matrices test. *Psychological Review*, *97*(3), 404–431. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.97.3.404>
- Carroll, J. B. (1993). *Human Cognitive Abilities: A Survey of Factor-Analytic Studies*. New York: Guilford. <https://doi.org/10.2307/1177226>
- Carroll, J. B. (1997). The three-stratum theory of cognitive abilities. In P. D. Flanagan & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests and issues* (pp. 122–130). New York: Guilford.
- Carroll, J. B. (2005). The three-stratum theory of cognitive abilities. In P. D. Flanagan & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests and issues* (2nd edition) (pp. 69–76). New York: Guilford.
- Carter, C. S., Braver, T. S., Barch, D. M., Botvinick, M. M., Noll, D., & Cohen, J. D. (1998). Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*, *280*(5364), 747–749.  
<https://doi.org/10.1126/science.280.5364.747>
- Castro-Meneses, L. J., Johnson, B. W., & Sowman, P. F. (2016). Vocal response inhibition is enhanced by anodal tDCS over the right prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, *234*(1), 185–195. <https://doi.org/10.1007/s00221-015-4452-0>
- Cattell, R. B. (1987). *Intelligence: Its Structure, Growth and Action: Its Structure, Growth and Action*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Chamod, A. S., & Petrides, M. (2007). Dissociable roles of the posterior parietal and the prefrontal cortex in manipulation and monitoring processes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *104*(37), 14837–14842. <https://doi.org/10.1073/pnas.0607101104>

- Chuderski, A., Taraday, M., Nęcka, E., & Smoleń, T. (2012). Storage capacity explains fluid intelligence but executive control does not. *Intelligence*, *40*(3), 278–295.  
<https://doi.org/10.1016/j.intell.2012.02.010>
- Clark, V. P., & Parasuraman, R. (2014). Neuroenhancement: Enhancing brain and mind in health and in disease. *NeuroImage*, *85*, 889–894.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.08.071>
- Coffman, B. A., Clark, V. P., & Parasuraman, R. (2014). Battery powered thought: Enhancement of attention, learning, and memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation. *NeuroImage*, *85*, 895–908.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.07.083>
- Collette, F., Hogge, M., Salmon, E., & Van der Linden, M. (2006). Exploration of the neural substrates of executive functioning by functional neuroimaging. *Neuroscience*, *139*(1), 209–221.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.05.035>
- Colom, R. (2004). Working memory is (almost) perfectly predicted by g. *Intelligence*, *32*(3), 277–296. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2003.12.002>
- Colom, R., Abad, F. J., Quiroga, M. Á., Shih, P. C., & Flores-Mendoza, C. (2008). Working memory and intelligence are highly related constructs, but why? *Intelligence*, *36*(6), 584–606. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.01.002>
- Colom, R., Abad, F. J., Rebollo, I., & Shih, P. C. (2005). Memory span and general intelligence: A latent-variable approach. *Intelligence*, *33*(6), 623–642.  
<https://doi.org/10.1016/j.intell.2005.05.006>
- Colom, R., Haier, R. J., Head, K., Álvarez-Linera, J., Quiroga, M. Á., Shih, P. C., & Jung, R. E. (2009). Gray matter correlates of fluid, crystallized, and spatial intelligence: Testing the P-FIT model. *Intelligence*, *37*(2), 124–135.  
<https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.07.007>
- Colom, R., Karama, S., Jung, R. E., & Haier, R. J. (2010). Human intelligence and brain networks. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, *12*(4), 489–501.

- Colom, R., Privado, J., García, L. F., Estrada, E., Cuevas, L., & Shih, P.-C. (2015). Fluid intelligence and working memory capacity: Is the time for working on intelligence problems relevant for explaining their large relationship? *Personality and Individual Differences, 79*, 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.01.051>
- Conway, A. R. ., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J., & Minkoff, S. R. . (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence, 30*(2), 163–183. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(01\)00096-4](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(01)00096-4)
- Conway, A. R. A., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Sciences, 7*(12), 547–552. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.10.005>
- Cunillera, T., Brignani, D., Cucurell, D., Fuentemilla, L., & Miniussi, C. (2016). The right inferior frontal cortex in response inhibition: A tDCS–ERP co-registration study. *NeuroImage, 140*, 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.11.044>
- Daneman, M., & Carpenter, P. a. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19*(4), 450–466. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(80\)90312-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(80)90312-6)
- Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review, 3*(4), 422–433. <https://doi.org/10.3758/BF03214546>
- de Aguiar, V., Paolazzi, C. L., & Miceli, G. (2015). tDCS in post-stroke aphasia: The role of stimulation parameters, behavioral treatment and patient characteristics. *Cortex, 63*, 296–316. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2014.08.015>
- Deary, I. J., Penke, L., & Johnson, W. (2010). The neuroscience of human intelligence differences. *Nature Reviews Neuroscience, 11*, 201–211. <https://doi.org/10.1038/nrn2793>
- Deary, I. J., Whalley, L. J., Lemmon, H., Crawford, J. R., & Starr, J. M. (2000). The stability of individual differences in mental ability from childhood to old age: Follow-up of the 1932 Scottish mental survey. *Intelligence, 28*(1), 49–55. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(99\)00031-8](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(99)00031-8)

- Dedoncker, J., Brunoni, A. R., Baeken, C., & Vanderhasselt, M. A. (2016). A Systematic Review and Meta-Analysis of the Effects of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) Over the Dorsolateral Prefrontal Cortex in Healthy and Neuropsychiatric Samples: Influence of Stimulation Parameters. *Brain Stimulation*, 9(4), 501–517. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2016.04.006>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750.Executive>
- Ditye, T., Jacobson, L., Walsh, V., & Lavidor, M. (2012). Modulating behavioral inhibition by tDCS combined with cognitive training. *Experimental Brain Research*, 219(3), 363–368. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3098-4>
- Duncan, J. (2005). Frontal Lobe Function and General Intelligence: Why it Matters. *Cortex*, 41, 215–217.
- Duncan, J. (2010). The multiple-demand (MD) system of the primate brain: mental programs for intelligent behaviour. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(4), 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.01.004>
- Duncan, J., & Owen, A. M. (2000). Common regions of the human frontal lobe recruited by diverse cognitive demands. *Trends in Neurosciences*, 23(10), 475–483. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(00\)01633-7](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(00)01633-7)
- Duncan, J., Schramm, M., Thompson, R., & Dumontheil, I. (2012). Task rules, working memory, and fluid intelligence. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(5), 864–870. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0225-y>
- Duncan, J., Seltz, R., Kolodny, J., Bor, D., Herzog, H., Ahmed, A., ... Emslie, H. (2000). A neural basis for general intelligence. *Science*, 289(5478), 457–460. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11078860>
- Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders. *British Medical Bulletin*, 65, 49–59. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg65.049>
- Embretson, S. E., & Reise, S. P. (2000). *Item response theory for psychologists*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short term memory and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(3), 309–331.

- Epstein, C. M., Wassermann, E. M., & Ziemann, U. (Eds.). (2012). *Oxford Handbook of Transcranial Stimulation*. New York: Oxford University Press.  
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198568926.001.0001>
- Ferguson, M. A., Anderson, J. S., & Spreng, R. N. (2017). Fluid and flexible minds: Intelligence reflects synchrony in the brain's intrinsic network architecture. *Network Neuroscience*, *1*(2), 192–207. [https://doi.org/10.1162/NETN\\_a\\_00010](https://doi.org/10.1162/NETN_a_00010)
- Ferrucci, R., Bortolomasi, M., Vergari, M., Tadini, L., Salvaro, B., Giacomuzzi, M., ... Priori, A. (2009). Transcranial direct current stimulation in severe, drug-resistant major depression. *Journal of Affective Disorders*, *118*(1–3), 215–219.  
<https://doi.org/10.1016/j.jad.2009.02.015>
- Fertonani, A., Ferrari, C., & Miniussi, C. (2015). What do you feel if I apply transcranial electric stimulation? Safety, sensations and secondary induced effects. *Clinical Neurophysiology*, *126*(11), 2181–2188.  
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.03.015>
- Frank, L. S., & John, E. H. (1998). The validity and utility of selection methods in personnel psychology: Practical and theoretical implications of 85 years of research findings. *Psychological Bulletin*, *124*(2)(2), 262–274.  
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.124.2.262>
- Fregni, F., Boggio, P. S., Nitsche, M., Berman, F., Antal, A., Feredoes, E., ... Pascual-Leone, A. (2005). Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. *Experimental Brain Research*, *166*(1), 23–30. <https://doi.org/10.1007/s00221-005-2334-6>
- Fregni, F., Nitsche, M. A., Loo, C. K., Brunoni, A. R., Marangolo, P., Leite, J., ... Bikson, M. (2016). Regulatory Considerations for the Clinical and Research Use of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): review and recommendations from an expert panel. *Clinical Research and Regulatory Affairs*, *32*(1), 22–35.  
<https://doi.org/10.3109/10601333.2015.980944>
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2017). Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex*, *86*, 186–204.  
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.04.023>

- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., DeFries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not All Executive Functions Are Related to Intelligence. *Psychological Science*, *17*(2), 172–179. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01681.x>
- Friedman, N. P., Miyake, A., Young, S. E., DeFries, J. C., Corley, R. P., & Hewitt, J. K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of Experimental Psychology: General*, *137*(2), 201–225. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.137.2.201>
- Giglia, G., Brighina, F., Rizzo, S., Puma, A., Indovino, S., Maccora, S., ... Fierro, B. (2014). Anodal tDCS of the right dorsolateral prefrontal cortex enhances memory-guided responses in a visuospatial working memory task. *Functional Neurology*, *29*(3), 189–193.
- Gignac, G. E. (2015). Raven's is not a pure measure of general intelligence: Implications for g factor theory and the brief measurement of g. *Intelligence*, *52*, 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2015.07.006>
- Gill, J., Shah-basak, P. P., & Hamilton, R. (2015). It's the Thought That Counts: Examining the Task-dependent Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Executive Function. *Brain Stimulation*, *8*(2), 253–259. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.10.018>
- Giordano, J., Bikson, M., Kappenman, E. S., Clark, V. P., Coslett, H. B., Hamblin, M. R., ... Calabrese, E. (2017). Mechanisms and effects of transcranial direct current stimulation. *Dose-Response*, *15*(1), 1–22. <https://doi.org/10.1177/1559325816685467>
- Gladwin, T. E., den Uyl, T. E., Fregni, F. F., & Wiers, R. W. (2012). Enhancement of selective attention by tDCS: Interaction with interference in a Sternberg task. *Neuroscience Letters*, *512*(1), 33–37. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.01.056>
- Gläscher, J., Rudrauf, D., Colom, R., Paul, L. K., Tranel, D., Damasio, H., & Adolphs, R. (2010). Distributed neural system for general intelligence revealed by lesion mapping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(10), 4705–4709. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910397107>

- Gläscher, J., Tranel, D., Paul, L. K., Rudrauf, D., Rorden, C., Hornaday, A., ... Adolphs, R. (2009). Lesion mapping of cognitive abilities linked to intelligence. *Neuron*, *61*(5), 681–691. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2009.01.026>
- Gotfredson, L. (2007). Innovation, fatal accidents, and the evolution of general intelligence. In M. J. Roberts (Ed.), *Integrating the mind: Domain general versus domain specific processes in higher cognition* (pp. 387–425). New York: Psychology Press.
- Gotfredson, L. S. (1997). Why g Matters : The Complexity of Everyday Life. *Intelligence*, *24*(1), 79–132.
- Gustafsson, J. E. (1984). A unifying model for the structure of intellectual abilities. *Intelligence*, *8*(3), 179–203. [https://doi.org/10.1016/0160-2896\(84\)90008-4](https://doi.org/10.1016/0160-2896(84)90008-4)
- Gustafsson, J. E. (1988). Hierarchical models of individual differences in cognitive abilities. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (pp. 35–71). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Haier, R. J., Colom, R., Schroeder, D. H., Condon, C. a., Tang, C., Eaves, E., & Head, K. (2009). Gray matter and intelligence factors: Is there a neuro-g? *Intelligence*, *37*(2), 136–144. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.10.011>
- Haier, R. J., & Jung, R. E. (2016). The Psychometric Brain. *Psychological Inquiry*, *27*(3), 218–219. <https://doi.org/10.1080/1047840X.2016.1181515>
- Herd, S. A., O'Reilly, R. C., Hazy, T. E., Chatham, C. H., Brant, A. M., & Friedman, N. P. (2014). A neural network model of individual differences in task switching abilities. *Neuropsychologia*, *62*, 375–389. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.04.014>
- Hill, A. T., Fitzgerald, P. B., & Hoy, K. E. (2016). Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on Working Memory: A Systematic Review and Meta-Analysis of Findings from Healthy and Neuropsychiatric Populations. *Brain Stimulation*, *9*(2), 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2015.10.006>

- Ho, K. A., Taylor, J. L., Chew, T., Gálvez, V., Alonzo, A., Bai, S., ... Loo, C. K. (2016). The Effect of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) Electrode Size and Current Intensity on Motor Cortical Excitability: Evidence from Single and Repeated Sessions. *Brain Stimulation*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2015.08.003>
- Hogeveen, J., Grafman, J., Aboseria, M., David, A., Bikson, M., & Hauner, K. K. (2016). Effects of High-Definition and Conventional tDCS on Response Inhibition. *Brain Stimulation*, 9(5), 720–729. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2016.04.015>
- Horn, J. L. (1979). The rise and fall of human abilities. *Journal of Research and Development in Education*, 12(2), 59–78.
- Horn, J. L., & Blankson, N. (2005). Foundations for better understanding of cognitive abilities. In D. P. Flanagan & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* (2nd edition) (pp. 41–68). New York: Guilford.
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized general intelligences. *Journal of Education & Psychology*, 57(5), 253–270. <https://doi.org/10.1037/h0023816>
- Horvath, J. C., Forte, J. D., & Carter, O. (2014). Evidence that transcranial direct current stimulation (tDCS) Generates little-to-no reliable neurophysiologic effect beyond MEP amplitude modulation in healthy Human subjects: A systematic review. *Neuropsychologia*, 66, 213–236. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.11.021>
- Horvath, J. C., Forte, J. D., & Carter, O. (2015). Quantitative Review Finds No Evidence of Cognitive Effects in Healthy Populations from Single-Session Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). *Brain Stimulation*, 8(3), 535–550. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2015.01.400>
- Hoy, K. E., Emonson, M. R. L., Arnold, S. L., Thomson, R. H., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2013). Testing the limits: Investigating the effect of tDCS dose on working memory enhancement in healthy controls. *Neuropsychologia*, 51(9), 1777–1784. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.05.018>



- Hsu, T.-Y., Tseng, L.-Y., Yu, J.-X., Kuo, W.-J., Hung, D. L., Tzeng, O. J. L., ... Juan, C.-H. (2011). Modulating inhibitory control with direct current stimulation of the superior medial frontal cortex. *NeuroImage*, *56*(4), 2249–2257.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.03.059>
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, *6*, 1–55. doi:10.1080/10705519909540118
- Imburgio, M. J., & Orr, J. M. (2018). Effects of prefrontal tDCS on executive function: Methodological considerations revealed by meta-analysis. *Neuropsychologia*, *117*(May), 156–166. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.04.022>
- Irwing, P., Cammock, T., & Lynn, R. (2001). Some evidence for the existence of a general factor of semantic memory and its components. *Personality and Individual Differences*, *30*, 857–871. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(00\)00078-7](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(00)00078-7)
- Jacobson, L., Goren, N., Lavidor, M., & Levy, D. A. (2012). Oppositional transcranial direct current stimulation (tDCS) of parietal substrates of attention during encoding modulates episodic memory. *Brain Research*, *1439*, 66–72.  
<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.12.036>
- Jacobson, L., Koslowsky, M., & Lavidor, M. (2012). tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review. *Experimental Brain Research*, *216*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2891-9>
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Perrig, W. J., & Meier, B. (2010). The concurrent validity of the N-back task as a working memory measure. *Memory*, *18*(4), 394–412. <https://doi.org/10.1080/09658211003702171>
- Jensen, A. R. (1998). *The g Factor: The Science of Mental Ability*. Westport, Connecticut: Praeger Publishers.
- Jeon, S. Y., & Han, S. J. (2012). Improvement of the working memory and naming by transcranial direct current stimulation. *Annals of Rehabilitation Medicine*, *36*(5), 585–595. <https://doi.org/10.5535/arm.2012.36.5.585>
- Jonides, J., Schumacher, E. H., Smith, E. E., Koeppe, R. A., Awh, E., Reuter-Lorenz, P. A., ... Willis, C. R. (1998). The role of parietal cortex in verbal working memory. *Journal of Neuroscience*, *18*(13), 5026–5034.

- Jung, R. E., & Haier, R. J. (2007). The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: converging neuroimaging evidence. *The Behavioral and Brain Sciences*, 30(2), 135-154; discussion 154-187.  
<https://doi.org/10.1017/S0140525X07001185>
- Jung, Y.-J., Kim, J.-H., & Im, C.-H. (2013). COMETS: A MATLAB toolbox for simulating local electric fields generated by transcranial direct current stimulation (tDCS). *Biomedical Engineering Letters*, 3(1), 39–46.  
<https://doi.org/10.1007/s13534-013-0087-x>
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99(1), 122–149.  
<https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.1.122>
- Kane, M. J., Conway, A. R. A., Miura, T. K., & Colflesh, G. J. H. (2007). Working memory, attention control, and the n-back task: A question of construct validity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(3), 615–622. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.3.615>
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: an individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 637–671.  
<https://doi.org/10.3758/BF03196323>
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., & Conway, A. R. A. (2005). Working memory capacity and fluid intelligence are strongly related constructs: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). *Psychological Bulletin*, 131(1), 66–71.  
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.66>
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2004). The Generality of Working Memory Capacity: A Latent-Variable Approach to Verbal and Visuospatial Memory Span and Reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(2), 189–217.  
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.2.189>

- Karuza, E. A., Balewski, Z. Z., Hamilton, R. H., Medaglia, J. D., Tardiff, N., & Thompson-Schill, S. L. (2016). Mapping the Parameter Space of tDCS and Cognitive Control via Manipulation of Current Polarity and Intensity. *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*(December), 1–9.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00665>
- Keeser, D., Padberg, F., Reisinger, E., Pogarell, O., Kirsch, V., Palm, U., ... Mulert, C. (2011). Prefrontal direct current stimulation modulates resting EEG and event-related potentials in healthy subjects: A standardized low resolution tomography (sLORETA) study. *NeuroImage*, *55*(2), 644–657.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.12.004>
- Keshvari, F., Pouretamad, H. R., & Ekhtiari, H. (2013). The Polarity-Dependent Effects of the Bilateral Brain Stimulation on Working Memory. *Basic and Clinical Neuroscience*, *4*(3), 224–231.
- Knežević, G., & Momirović, K. (1996). RTT9G i RTT10G: dva programa za analizu metrijskih karakteristika kompozitnih mernih instrumenata. In P. Kostić (Ed.), *Merenje u psihologiji*, *2* (pp. 35–56). Beograd: Institut za kriminološka i sociološka istraživanja.
- Koenigs, M., Barbey, A. K., Postle, B. R., & Grafman, J. (2009). Superior parietal cortex is critical for the manipulation of information in working memory. *The Journal of Neuroscience*, *29*(47), 14980–14986.  
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3706-09.2009>
- Koops, S., van den Brink, H., & Sommer, I. E. C. (2015). Transcranial direct current stimulation as a treatment for auditory hallucinations. *Frontiers in Psychology*, *6*, 1–6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00244>
- Kovacs, K., & Conway, A. R. A. (2016). An International Journal for the Advancement of Psychological Theory Process Overlap Theory : A Unified Account of the General Factor of Intelligence. *Psychological Inquiry*, *27*(3), 151–177.  
<https://doi.org/10.1080/1047840X.2016.1153946>
- Krishnan, C., Santos, L., Peterson, M. D., & Ehinger, M. (2015). Safety of Noninvasive Brain Stimulation in Children and Adolescents. *Brain Stimulation*, *8*(1), 76–87.  
<https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.10.012>

- Kronberg, G., Bridi, M., Abel, T., Bikson, M., & Parra, L. C. (2018). *Brain Stimulation*, 10(1), 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2016.10.001>.Direct
- Kuncel, N. R., Hezlett, S. A., & Ones, D. S. (2004). Academic Performance, Career Potential, Creativity, and Job Performance: Can One Construct Predict Them All? *Journal of Personality and Social Psychology*, 86(1), 148–161. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.86.1.148>
- Kuo, M.-F., Paulus, W., & Nitsche, M. A. (2014). Therapeutic effects of non-invasive brain stimulation with direct currents (tDCS) in neuropsychiatric diseases. *NeuroImage*, 85, 948–960. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.05.117>
- Kwon, Y. H., & Kwon, J. W. (2013). Response Inhibition Induced in the Stop-signal Task by Transcranial Direct Current Stimulation of the Pre-supplementary Motor Area and Primary Sensorimotor Cortex. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(9), 1083–1086. <https://doi.org/10.1589/jpts.25.1083>
- Kyllonen, P. C., & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?! *Intelligence*, 14, 389–433. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(05\)80012-1](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(05)80012-1)
- Lally, N., Nord, C. L., Walsh, V., & Roiser, J. P. (2013). Does excitatory fronto-extracerebral tDCS lead to improved working memory performance? *F1000Research*, 2, 219. <https://doi.org/10.12688/f1000research.2-219.v2>
- Lazarević, L. B., & Knežević, G. (2008). Provera faktorske strukture baterije za procenu intelektualnih sposobnosti KOG9. *Psihologija*, 41(4), 489–505. <https://doi.org/10.2298/PSI0804489L>
- Leite, J., Carvalho, S., Fregni, F., Boggio, P. S., & Gonçalves, Ó. F. (2013). The effects of cross-hemispheric dorsolateral prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS) on task switching. *Brain Stimulation*, 6(4), 660–667. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2012.10.006>
- Leite, J., Carvalho, S., Fregni, F., & Gonçalves, Ó. F. (2011). Task-specific effects of tDCS-induced cortical excitability changes on cognitive and motor sequence set shifting performance. *PloS One*, 6(9), e24140. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024140>

- Leite, J., Gonçalves, Ó. F., Pereira, P., Khadka, N., Bikson, M., Fregni, F., & Carvalho, S. (2018). The differential effects of unihemispheric and bihemispheric tDCS over the inferior frontal gyrus on proactive control. *Neuroscience Research*, *130*, 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2017.08.005>
- Levy, B. J., & Wagner, A. D. (2012). Cognitive control and right ventrolateral prefrontal cortex: reflexive reorienting, motor inhibition, and action updating. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1224*(1), 40–62. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.05958.x>.Cognitive
- Loftus, A. M., Yalcin, O., Baughman, F. D., Vanman, E. J., & Hagger, M. S. (2015). The impact of transcranial direct current stimulation on inhibitory control in young adults. *Brain and Behavior*, *5*(5), 1–9. <https://doi.org/10.1002/brb3.332>
- Luders, E., Narr, K. L., Thompson, P. M., & Toga, A. W. (2009). Neuroanatomical correlates of intelligence. *Intelligence*, *37*(2), 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.07.002>
- Lukasik, K. M., Lehtonen, M., Salmi, J., Meinzer, M., Joutsa, J., & Laine, M. (2018). No effects of stimulating the left ventrolateral prefrontal cortex with tDCS on verbal working memory updating. *Frontiers in Neuroscience*, *11*, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00738>
- MacDonald, A. W., Cohen, J. D., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2000). Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science*, *288*(5472), 1835–1838. <https://doi.org/10.1126/science.288.5472.1835>
- Mackintosh, N. J. (1998). *IQ and Human Intelligence*. London, UK: Oxford University Press.
- Mancuso, L. E., Ilieva, I. P., Hamilton, R. H., & Farah, M. J. (2016). Does Transcranial Direct Current Stimulation Improve Healthy Working Memory?: A Meta-analytic Review. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *28*(8), 1063–1089. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_00956](https://doi.org/10.1162/jocn_a_00956)

- Martin, D. M., Liu, R., Alonzo, A., Green, M., & Loo, C. K. (2014). Use of transcranial direct current stimulation (tDCS) to enhance cognitive training: effect of timing of stimulation. *Experimental Brain Research*, *232*(10), 3345–3351.  
<https://doi.org/10.1007/s00221-014-4022-x>
- Martin, D. M., Liu, R., Alonzo, A., Green, M., Player, M. J., Sachdev, P., & Loo, C. K. (2013). Can transcranial direct current stimulation enhance outcomes from cognitive training? A randomized controlled trial in healthy participants. *The International Journal of Neuropsychopharmacology*, *16*(9), 1927–1936.  
<https://doi.org/10.1017/S1461145713000539>
- Martínez, K., Burgaleta, M., Román, F. J., Escorial, S., Shih, P. C., Quiroga, M. Á., & Colom, R. (2011). Can fluid intelligence be reduced to “simple” short-term storage? *Intelligence*, *39*(6), 473–480. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2011.09.001>
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, *44*(2), 314–324. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>
- McCabe, D. P., McDaniel, M. A., & Hambrick, D. Z. (2010). The Relationship Between Working Memory Capacity and Executive Functioning: Evidence for a Common Executive Attention Construct. *Neuropsychology*, *24*(2), 222–243.  
<https://doi.org/10.1037/a0017619>
- McGraw, K. O., & Wong, S. P. (1996). Forming inferences about some intraclass correlation coefficients. *Psychological Methods*, *1*(1), 30–46.  
<https://doi.org/10.1037/1082-989X.1.4.390>
- McGrew, K. S. (1997). Analysis of the major intelligence batteries according to a proposed comprehensive Gf-Gc framework. In D. P. Flanagan, J. L. Genshaft, & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* (pp. 151–179). New York: Guilford.
- McGrew, K. S. (2009). CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. *Intelligence*, *37*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.08.004>

- Medina, J., & Cason, S. (2017). No evidential value in samples of transcranial direct current stimulation (tDCS) studies of cognition and working memory in healthy populations. *Cortex*, *94*, 131–141. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.06.021>
- Meiron, O., & Lavidor, M. (2013). Unilateral Prefrontal Direct Current Stimulation Effects are Modulated by Working Memory Load and Gender. *Brain Stimulation*, *6*(3), 440–447. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2012.05.014>
- Meron, D., Hedger, N., Garner, M., & Baldwin, D. S. (2015). Transcranial direct current stimulation (tDCS) in the treatment of depression: Systematic review and meta-analysis of efficacy and tolerability. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *57*, 46–62. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.07.012>
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organisation of Individual Differences in Executive Functions : Four General Conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, *21*(1), 8–14. <https://doi.org/10.1177/0963721411429458>.The
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, a H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “Frontal Lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*(4), 621–640. <https://doi.org/10.1037//0096-3445.130.4.621>
- Mondino, M., Bennabi, D., Poulet, E., Galvao, F., Brunelin, J., & Haffen, E. (2014). Can transcranial direct current stimulation (tDCS) alleviate symptoms and improve cognition in psychiatric disorders? *The World Journal of Biological Psychiatry*, *15*(4), 261–275. <https://doi.org/10.3109/15622975.2013.876514>
- Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*(3), 134–140. [https://doi.org/10.1016/s1364\(03\)00028-7](https://doi.org/10.1016/s1364(03)00028-7)
- Morris, N., & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology*, *81*, 111–121. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1990.tb02349.x>

- Motohashi, N., Yamaguchi, M., Fujii, T., & Kitahara, Y. (2013). Mood and cognitive function following repeated transcranial direct current stimulation in healthy volunteers: A preliminary report. *Neuroscience Research*, *77*(1–2), 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2013.06.001>
- Mottaghy, F. M. (2006). Interfering with working memory in humans. *Neuroscience*, *139*(1), 85–90. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.05.037>
- Mulquiney, P. G., Hoy, K. E., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2011). Improving working memory: The effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct current stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex. *Brain Stimulation*, *12*(2), 2384–2389. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2010.06.004>
- Munakata, Y., Herd, S., Chatham, C., Depue, B. E., Banich, M. T., & O'Reilly, R. C. (2011). A unified framework for inhibitory control. *Trends in Cognitive Sciences*, *15*(10), 453–459. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.07.011.A>
- Mylius, V., Jung, M., Menzler, K., Haag, A., Khader, P. H., Oertel, W. H., ... Lefaucheur, J.-P. (2012). Effects of transcranial direct current stimulation on pain perception and working memory. *European Journal of Pain*, *16*(7), 974–982. <https://doi.org/10.1002/j.1532-2149.2011.00105.x>
- Nasseri, P., Nitsche, M. A., & Ekhtiari, H. (2015). A framework for categorizing electrode montages in transcranial direct current stimulation. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*, 1–5. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00054>
- Nee, D. E., Brown, J. W., Askren, M. K., Berman, M. G., Demiralp, E., Krawitz, A., & Jonides, J. (2013). A meta-Analysis of executive components of working memory. *Cerebral Cortex*, *23*(2), 264–282. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs007>
- Neubauer, A. C., Wammerl, M., Benedek, M., Jauk, E., & Jaušovec, N. (2017). The influence of transcranial alternating current stimulation (tACS) on fluid intelligence: An fMRI study. *Personality and Individual Differences*, *118*, 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2017.04.016>
- Niendam, T. A., Laird, A. R., Ray, K. L., Dean, Y. M., Glahn, D. C., & Carter, C. S. (2012). Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, *12*(2), 241–268. <https://doi.org/10.3758/s13415-011-0083-5>



- Nikolin, S., Martin, D., Loo, C. K., & Boonstra, T. W. (2018). Effects of TDCS dosage on working memory in healthy participants. *Brain Stimulation, 11*(3), 518–527. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.01.003>
- Nilsson, J., Lebedev, A. V., & Lövdén, M. (2015). No significant effect of prefrontal tDCS on working memory performance in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience, 7*, 1–6. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2015.00230>
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2011). Transcranial direct current stimulation – An update 2011. *Restorative Neurology and Neuroscience, 29*(6), 463–492. <https://doi.org/10.3233/RNN-2011-0618>
- Nitsche, M. A., Cohen, L., Wassermann, E. M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., ... Pascual-Leone, A. (2008). Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. *Brain Stimulation, 1*(3), 206–223. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2008.06.004>
- Nitsche, M., Liebetanz, D., Lang, N., Antal, A., Tergau, F., Paulus, W., & Priori, A. (2003). Safety criteria for transcranial direct current stimulation (tDCS) in humans. *Clinical Neurophysiology, 114*(11), 2220–2223. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(03\)00235-9](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(03)00235-9)
- Norman, D., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and Self-Regulation: Advances in Research and Theory* (pp. 1–18). New York: Plenum Press. <https://doi.org/10.1098/rstb.1996.0132>
- Nozari, N., & Thompson-Schill, S. L. (2013). More attention when speaking: Does it help or does it hurt? *Neuropsychologia, 51*(13), 2770–2780. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.08.019>
- Oberauer, K., Schulze, R., Wilhelm, O., & Süß, H.-M. (2005). Working Memory and Intelligence--Their Correlation and Their Relation: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). *Psychological Bulletin, 131*(1), 61–65. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.61>
- Oberauer, K., Süß, H.-M., Wilhelm, O., & Wittmann, W. W. (2008). Which working memory functions predict intelligence? *Intelligence, 36*(6), 641–652. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.01.007>

- Ohn, S. H., Park, C.-I., Yoo, W.-K., Ko, M.-H., Choi, K. P., Kim, G.-M., ... Kim, Y.-H. (2008). Time-dependent effect of transcranial direct current stimulation on the enhancement of working memory. *Neuroreport*, *19*(1), 43–47. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e3282f2adfd>
- Olson, I. R., & Berryhill, M. (2009). Some surprising findings on the involvement of the parietal lobe in human memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, *91*(2), 155–165. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2008.09.006>
- Osteen, P. (2010). An introduction to using multidimensional item response theory to assess latent factor structures. *Journal of the Society for Social Work and Research*, *1*(2), 66–82. <https://doi.org/10.5243/jsswr.2010.6>
- Ouellet, J., McGirr, A., Van den Eynde, F., Jollant, F., Lepage, M., & Berlim, M. T. (2015). Enhancing decision-making and cognitive impulse control with transcranial direct current stimulation (tDCS) applied over the orbitofrontal cortex (OFC): A randomized and sham-controlled exploratory study. *Journal of Psychiatric Research*, *69*, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2015.07.018>
- Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R., & Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm: a meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, *25*(1), 46–59. <https://doi.org/10.1002/hbm.20131>
- Pahor, A., & Jaušovec, N. (2014). Theta–gamma cross-frequency coupling relates to the level of human intelligence. *Intelligence*, *46*, 283–290. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2014.06.007>
- Pallier, G., Wilkinson, R., Danthiir, V., Kleitman, S., Knezevic, G., Stankov, L., & Roberts, R. D. (2002). The Journal of General Psychology The Role of Individual Differences in the Accuracy of Confidence Judgments. *The Journal of General Psychology*, *129*(3), 257–299. <https://doi.org/10.1080/00221300209602099>
- Park, S. H., Seo, J. H., Kim, Y. H., & Ko, M. H. (2014). Long-term effects of transcranial direct current stimulation combined with computer-assisted cognitive training in healthy older adults. *Neuroreport*, *25*, 122–126.

- Pelletier, S. J., & Cicchetti, F. (2015). Cellular and molecular mechanisms of action of transcranial direct current stimulation: Evidence from in vitro and in vivo models. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, *18*(2), 1–13.  
<https://doi.org/10.1093/ijnp/pyu047>
- Penrose, L. S., & Raven, J. C. (1936). A new series of perceptual tests: Preliminary communication. *British Journal of Medical Psychology*, *16*(2), 97–104.  
<https://doi.org/10.1111/j.2044-8341.1936.tb00690.x>
- Plewnia, C., Zwissler, B., Längst, I., Maurer, B., Giel, K., & Krüger, R. (2012). Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on executive functions: influence of COMT Val/Met polymorphism. *Cortex*, *49*(7), 1801–1807.  
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.11.002>
- Plomin, R., & Deary, I. J. (2015). Genetics and intelligence differences: five special findings. *Molecular Psychiatry*, *20*(1), 98–108.  
<https://doi.org/10.1038/mp.2014.105>
- Pope, P. A., Brenton, J. W., & Miall, R. C. (2015). Task-specific facilitation of cognition by anodal transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex. *Cerebral Cortex*, *25*(11), 4551–4558. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv094>
- Poreisz, C., Boros, K., Antal, A., & Paulus, W. (2007). Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients. *Brain Research Bulletin*, *72*, 208–214. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2007.01.004>
- Price, A. R., & Hamilton, R. H. (2015). A Re-evaluation of the Cognitive Effects From Single-session Transcranial Direct Current Stimulation. *Brain Stimulation*, *8*(3), 663–665. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2015.03.007>
- Price, A. R., McAdams, H., Grossman, M., & Hamilton, R. H. (2015). A meta-analysis of transcranial direct current stimulation studies examining the reliability of effects on language measures. *Brain Stimulation*, *8*(6), 1093–1100.  
<https://doi.org/10.1016/j.brs.2015.06.013>
- Priori, A., Hallett, M., & Rothwell, J. C. (2009). Repetitive transcranial magnetic stimulation or transcranial direct current stimulation? *Brain Stimulation*, *2*(4), 241–245. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2009.02.004>

- Purić, D. (2013). *Executive Functions and Personality* (Doctoral dissertation). Faculty of Philosophy, University of Belgrade, Belgrade.
- Raven, J. (2000). The Raven's progressive matrices: change and stability over culture and time. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 1–48.  
<https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0735>
- Raven, J. C. (1938). *Progressive matrices: A perceptual test of intelligence*. London, UK: H.K. Lewis.
- Rowe, J. B., Toni, I., Josephs, O., Frackowiak, R. S., & Passingham, R. E. (2000). The prefrontal cortex: response selection or maintenance within working memory? *Science*, *288*(5471), 1656–1660. <https://doi.org/10.1109/SSBI.2002.1233973>
- Salgado, J. F., Moscoso, S., De Fruyt, F., Anderson, N., Bertua, C., & Rolland, J. P. (2003). A Meta-Analytic Study of General Mental Ability Validity for Different Occupations in the European Community. *Journal of Applied Psychology*, *88*(6), 1068–1081. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.6.1068>
- Sallard, E., Mouthon, M., De Pretto, M., & Spierer, L. (2018). Modulation of inhibitory control by prefrontal anodal tDCS: A crossover double-blind sham-controlled fMRI study. *PLoS ONE*, *13*(3), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194936>
- Salthouse, T. A., Fristoe, N., McGuthry, K. E., & Hambrick, D. Z. (1998). Relation of task switching to speed, age, and fluid intelligence. *Psychology and Aging*, *13*(3), 445–461. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.13.3.445>
- Salthouse, T. C., Atkinson, T. M., & Berish, D. E. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, *132*(4), 566–594.  
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.132.4.566>
- Sandrini, M., Fertonani, A., Cohen, L. G., & Miniussi, C. (2012). Double dissociation of working memory load effects induced by bilateral parietal modulation. *Neuropsychologia*, *50*(3), 396–402.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.011>

- Sellers, K. K., Mellin, J. M., Lustenberger, C. M., Boyle, M. R., Lee, W. H., Peterchev, A. V., & Fröhlich, F. (2015). Transcranial direct current stimulation (tDCS) of frontal cortex decreases performance on the WAIS-IV intelligence test. *Behavioural Brain Research*, *290*, 32–44. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.04.031>
- Shelton, J. T., Elliott, E. M., Hill, B. D., Calamia, M. R., & Gouvier, W. D. (2009). A comparison of laboratory and clinical working memory tests and their prediction of fluid intelligence. *Intelligence*, *37*(3), 283–293. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.11.005>
- Smith, E. E., & Jonides, J. (1998). Neuroimaging analyses of human working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *95*(20), 12061–12068. <https://doi.org/VL-95>
- Smith, E. S., & Jonides, J. (1999). Storage and Executive Processes in the Frontal lobes. *Science*, *3*(283), 1657–1661. <https://doi.org/10.1126/science.283.5408.1657>
- Snow, R. E., Kyllonen, C. P., & Marshalek, B. (1984). The topography of ability and learning correlations. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (pp. 47–103). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sohn, M., Ursu, S., Anderson, J. R., Stenger, V. A., & Carter, C. (2000). The role of prefrontal cortex and posterior parietal cortex in task switching. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *97*(24), 13448–13453.
- Song, M., Zhou, Y., Li, J., Liu, Y., Tian, L., Yu, C., & Jiang, T. (2008). Brain spontaneous functional connectivity and intelligence. *NeuroImage*, *41*(3), 1168–76. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.02.036>
- Spearman, C. (1904). “General intelligence” objectively determined and measured. *The American Journal of Psychology*, *15*(2), 201–292.
- Spearman, C. (1927). *The abilities of man: Their nature and measurement*. New York: Macmillan.
- Spearman, C. (1946). Theory of the general factor. *British Journal of Psychology*, *36*, 117–131. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1946.tb01114.x>

- Stagg, C. J., & Nitsche, M. A. (2011). Physiological basis of transcranial direct current stimulation. *Neuroscientist*, *17*(1), 37–53.  
<https://doi.org/10.1177/1073858410386614>
- Stone, D. B., & Tesche, C. D. (2009). Transcranial direct current stimulation modulates shifts in global/local attention. *Neuroreport*, *20*, 1115–1119.
- Stramaccia, D. F., Penolazzi, B., Sartori, G., Braga, M., Mondini, S., & Galfano, G. (2015). Assessing the effects of tDCS over a delayed response inhibition task by targeting the right inferior frontal gyrus and right dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, *233*(8), 2283–2290. <https://doi.org/10.1007/s00221-015-4297-6>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, *18*, 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Teo, F., Hoy, K. E., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. (2011). Investigating the Role of Current Strength in tDCS Modulation of Working Memory Performance in Healthy Controls. *Frontiers in Psychiatry*, *2*, 1–6.  
<https://doi.org/10.3389/fpsy.2011.00045>
- Thurstone, L. L. (1938). *Primary mental abilities (Psychometric Monographs, No. 1)*. Chicago: University of Chicago Press.
- Trumbo, M. C., Matzen, L. E., Coffman, B. A., Hunter, M. A., Jones, A. P., Robinson, C. S. H., & Clark, V. P. (2016). Enhanced working memory performance via transcranial direct current stimulation: The possibility of near and far transfer. *Neuropsychologia*, *93*, 85–96.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.10.011>
- Unsworth, N. (2010). Interference control, working memory capacity, and cognitive abilities: A latent variable analysis. *Intelligence*, *38*(2), 255–267.  
<https://doi.org/10.1016/j.intell.2009.12.003>
- Unsworth, N., Miller, J. D., Lakey, C. E., Young, D. L., Meeks, J. T., Campbell, W. K., & Goodie, A. S. (2009). Exploring the Relations Among Executive Functions, Fluid Intelligence, and Personality. *Journal of Individual Differences*, *30*(4), 194–200. <https://doi.org/10.1027/1614-0001.30.4.194>

- Utz, K. S., Dimova, V., Oppenländer, K., & Kerkhoff, G. (2010). Electrified minds: Transcranial direct current stimulation (tDCS) and Galvanic Vestibular Stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology—A review of current data and future implications. *Neuropsychologia*, *48*(10), 2789–2810. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.06.002>
- Vanderhasselt, M.-A., De Raedt, R., & Baeken, C. (2009). Dorsolateral prefrontal cortex and Stroop performance: tackling the lateralization. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*(3), 609–612. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.3.609>
- Vernon, P. E. (1961). *The structure of human abilities* (2nd edition). London: Methuen.
- Vernon, P. E., & Parry, J. B. (1949). *Personnel selection in the British Forces*. London: University of London Press.
- Wager, T. D., Jonides, J., & Reading, S. (2004). Neuroimaging studies of shifting attention: a meta-analysis. *NeuroImage*, *22*(4), 1679–1693. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.03.052>
- Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: a meta-analysis. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, *3*(4), 255–274. <https://doi.org/10.3758/CABN.3.4.255>
- Wechsler, D. (1997). *Wechsler adult intelligence test administration and scoring manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2008). *Wechsler Adult Intelligence Scale – Fourth Edition: Technical and interpretive manual*. San Antonio, TX: Pearson Assessment.
- Wilhelm, O. (2005). Measuring Reasoning Ability. In O. Wilhelm, & R. W. Engle (Eds.), *Handbook of Understanding and Measuring Intelligence* (pp. 373–392). Thousand Oaks, California, USA: SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781452233529.n21>
- Wilhelm, O., Hildebrandt, A., & Oberauer, K. (2013). What is working memory capacity, and how can we measure it? *Frontiers in Psychology*, *4*, 1–22. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00433>
- Wolf, B., Momirović, K., & Džamonja, Z. (1992). *KOG 3 – Baterija testova inteligencije*. Beograd: Centar za primenjenu psihologiju.

- Wongupparaj, P., Kumari, V., & Morris, R. G. (2015). The relation between a multicomponent working memory and intelligence: The roles of central executive and short-term storage functions. *Intelligence*, *53*, 166–180.  
<https://doi.org/10.1016/j.intell.2015.10.007>
- Woods, A. J., Antal, A., Bikson, M., Boggio, P. S., Brunoni, A. R., Celnik, P., ... Nitsche, M. A. (2017). *A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools*. *Clinical Neurophysiology*, *127*(2), 1031–1048.  
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.11.012>
- Wu, Y.-J., Tseng, P., Chang, C.-F., Pai, M.-C., Hsu, K.-S., Lin, C.-C., & Juan, C.-H. (2014). Modulating the interference effect on spatial working memory by applying transcranial direct current stimulation over the right dorsolateral prefrontal cortex. *Brain and Cognition*, *91*, 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.09.002>
- Yokoi, Y., & Sumiyoshi, T. (2015). Application of transcranial direct current stimulation to psychiatric disorders : Trends and perspectives. *Neuropsychiatric Electrophysiology*, *2711*, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40810-015-0012-x>
- Yu, C., Li, J., Liu, Y., Qin, W., Li, Y., Shu, N., ... Li, K. (2008). White matter tract integrity and intelligence in patients with mental retardation and healthy adults. *NeuroImage*, *40*(4), 1533–1541. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.01.063>
- Yu, J., Tseng, P., Hung, D. L., Wu, S. W., & Juan, C. H. (2015). Brain stimulation improves cognitive control by modulating medial-frontal activity and preSMA-vmPFC functional connectivity. *Human Brain Mapping*, *36*(10), 4004–4015.  
<https://doi.org/10.1002/hbm.22893>
- Zaehle, T., Sandmann, P., Thorne, J. D., Jäncke, L., & Herrmann, C. S. (2011). Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates working memory performance: combined behavioural and electrophysiological evidence. *BMC Neuroscience*, *12*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-12-2>
- Živanović, M., Bjekić, J., & Opačić, G. (2018a). Multiple solutions test Part I: Development and psychometric evaluation. *Psihologija*, *51*(3), 351–375.  
<https://doi.org/10.2298/PSI161031003Z>



Živanović, M., Bjekić, J., & Opačić, G. (2018b). Multiple solutions test Part II : Evidence on construct and predictive validity. *Psihologija*, *51*(3), 377–396.  
<https://doi.org/10.2298/PSI170205004Z>

Živanović, M., & Opačić, G. (2019). *Test višestrukih rešenja* (Unpublished manuscript).

Zmigrod, S., Zmigrod, L., & Hommel, B. (2016). Transcranial direct current stimulation (tDCS) over the right dorsolateral prefrontal cortex affects stimulus conflict but not response conflict. *Neuroscience*, *322*, 320–325.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.02.046>

## 7 PRILOZI

### 7.1 Prilog A

#### Psihometrijske karakteristike preliminarnih instrumenata

Tabela A1

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Matrica*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
mtrx1_02	.99	.10	.7418	.7152	.0591	.0070	1.02	<b>1.81</b>	6.48	I
mtrx1_04	.98	.14	.9673	.9104	.3500	.3179	0.95	<b>0.36</b>	9.33	I
mtrx1_06	.74	.44	.9331	.6432	.3684	.4023	0.95	0.90	19.03	I
mtrx1_08	.88	.33	.9398	.8099	.4472	.4688	0.84	<b>0.67</b>	11.67	I
mtrx1_10	.93	.25	.9276	.8754	.4213	.3554	0.93	<b>0.60</b>	16.41	I
mtrx1_12	.76	.43	.8666	.6604	.3689	.3581			16.20	I
mtrx1_14	.87	.34	.9522	.7875	.5395	.4840	0.84	0.74	17.21	I
mtrx1_16	.75	.43	.9106	.7433	.4546	.4339	0.91	0.90	17.91	I
mtrx1_18	.84	.37	.9708	.8315	.6656	.6299	0.76	<b>0.54</b>	15.07	I
mtrx1_20	.69	.47	.8952	.7145	.3981	.3985	0.95	0.89	19.24	I
mtrx1_22	.63	.49	.9247	.7709	.4240	.3752	0.94	0.94	19.27	I
mtrx1_24	.55	.50	.8987	.7039	.3936	.3767	0.97	0.94	23.43	I
mtrx1_26	.52	.50	.9207	.6653	.3950	.3941	0.95	0.94	22.29	I
mtrx1_28	.56	.50	.9322	.7446	.4550	.4684	0.90	0.88	21.21	I
mtrx1_30	.48	.50	.9254	.8112	.3880	.3494			19.03	I
mtrx1_32	.73	.45	.8476	.7097	.2263	.2499	1.07	1.05	20.06	I
mtrx1_34	.72	.45	.9286	.6673	.4016	.3672	0.97	0.92	20.10	I
mtrx1_36	.83	.38	.9070	.6906	.2469	.2309			11.79	I
mtrx1_38	.65	.48	.8146	.7849	.2314	.2129	1.09	1.13	19.65	I
mtrx1_40	.58	.50	.9629	.7110	.5178	.4874	0.88	0.86	21.75	I
mtrx1_42	.55	.50	.8940	.7074	.3490	.3280			21.55	I
mtrx1_44	.25	.43	.7507	.7548	.1820	.1804	1.07	1.07	24.95	I
mtrx1_46	.52	.50	.8935	.7507	.3491	.3335	0.97	0.96	18.62	I
mtrx1_48	.47	.50	.8548	.7143	.3301	.3249			21.75	I
mtrx1_50	.15	.36	.8334	.7234	.1050	.0990	1.05	1.22	23.31	I
mtrx1_52	.53	.50	.9089	.7575	.4166	.3551			21.81	I
mtrx1_54	.42	.50	.8911	.7001	.3784	.3712	0.95	0.93	17.85	I
mtrx1_56	.19	.39	.7643	.6164	.0430	.1026	1.10	1.24	22.67	I
mtrx1_58	.20	.40	.8621	.7354	.2249	-.1886	1.25	<b>1.79</b>	25.18	I
mtrx1_60	.25	.43	.7503	.7177	.1809	.2153	1.04	1.10	20.66	I
mtrx1_62	.31	.47	.8991	.6802	.2633	.2668			20.26	I
mtrx1_64	.21	.41	.7790	.6595	.0336	.1047	1.06	<b>1.39</b>	23.47	I
mtrx1_66	.27	.45	.7937	.7416	.0813	.1097	1.10	1.22	21.99	I
mtrx1_68	.14	.35	.8784	.7847	.2193	.2608			22.94	I
mtrx1_70	.41	.49	.9064	.6391	.2908	.2868			20.41	I
mtrx1_72	.19	.39	.8478	.5821	.0314	.0715	1.10	<b>1.32</b>	17.76	I
mtrx1_74	.70	.46	.8570	.6371	.1906	.2328	1.07	1.09	19.32	I
mtrx1_76	.19	.39	.8811	.8170	.1753	-.0949	1.18	<b>1.73</b>	23.46	I

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.

Tabela A1

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Matrica (nastavak)*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
mtrx2_01	.96	.19	.8376	.6827	.1943	.2382			6.41	II
mtrx2_03	.99	.10	.9452	.9048	.1763	.1845			7.65	II
mtrx2_05	.93	.25	.8456	.6340	.2429	.2826			7.47	II
mtrx2_07	.97	.17	.8930	.7944	.2627	.2391			11.91	II
mtrx2_09	.98	.14	.8622	.8043	.2661	.2777	0.92	<b>0.45</b>	10.45	II
mtrx2_11	.94	.23	.8725	.7825	.2269	.2477			12.27	II
mtrx2_13	.96	.19	.8421	.6678	.0060	.0445	1.06	1.26	9.73	II
mtrx2_15	.67	.47	.8820	.8167	.3293	.3477			20.68	II
mtrx2_17	.97	.17	.7142	.7030	.1046	.1268	1.00	<b>1.78</b>	9.60	II
mtrx2_19	.34	.48	.9090	.6929	.4228	.4469	0.89	0.85	20.62	II
mtrx2_21	.86	.35	.8077	.6713	.1935	.2042	1.01	1.17	17.11	II
mtrx2_23	.30	.46	.8137	.6391	.2514	.2792	0.98	1.12	22.25	II
mtrx2_25	.59	.49	.9125	.7692	.3744	.3704	0.97	0.95	20.41	II
mtrx2_27	.77	.42	.9352	.6980	.3725	.3254	0.97	1.07	11.10	II
mtrx2_29	.62	.49	.9069	.7978	.3361	.3398			17.64	II
mtrx2_31	.58	.50	.8848	.7182	.3084	.3152			22.85	II
mtrx2_33	.93	.25	.7868	.7620	.0872	.1169	1.06	1.23	12.36	II
mtrx2_35	.50	.50	.8222	.5791	.0130	.1028	1.15	1.21	20.99	II
mtrx2_37	.67	.47	.9507	.8114	.5170	.5086	0.87	0.82	21.20	II
mtrx2_39	.75	.44	.9474	.8528	.4700	.4498	0.92	0.86	16.68	II
mtrx2_41	.42	.50	.8436	.7725	.2756	.2691			23.92	II
mtrx2_43	.13	.34	.8614	.6785	.2765	.2950	0.95	0.86	24.53	II
mtrx2_45	.54	.50	.8601	.7270	.2809	.2846			14.72	II
mtrx2_47	.43	.50	.9365	.7113	.4932	.4893	0.88	0.84	19.62	II
mtrx2_49	.76	.43	.9504	.7012	.5177	.4549	0.89	0.83	17.44	II
mtrx2_51	.44	.50	.8231	.7254	.2296	.2686	1.03	1.07	20.07	II
mtrx2_53	.49	.50	.8684	.6914	.3068	.2735			20.10	II
mtrx2_55	.20	.40	.6139	.7205	.1236	.1687	1.05	1.16	21.82	II
mtrx2_57	.31	.47	.8933	.7314	.2284	.2307			21.17	II
mtrx2_59	.29	.46	.7190	.6725	.0173	.0543	1.15	<b>1.31</b>	22.63	II
mtrx2_61	.54	.50	.7979	.6994	.2536	.2436			20.86	II
mtrx2_63	.86	.35	.9614	.7677	.5094	.4668	0.85	0.71	12.46	II
mtrx2_65	.24	.43	.9146	.7373	.4100	.4205	0.90	0.78	21.80	II
mtrx2_67	.11	.32	.7340	.5822	.1108	.0971	1.07	1.13	22.42	II
mtrx2_69	.13	.34	.8301	.7454	.2078	.2510			21.15	II
mtrx2_71	.12	.33	.7831	.5997	.2360	.2636			24.14	II
mtrx2_73	.07	.25	.8185	.7553	.0671	.1262	0.99	<b>1.34</b>	23.68	II
mtrx2_75	.33	.47	.6771	.8035	.0510	-.0001	1.19	<b>1.43</b>	21.43	II

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.

Tabela A2

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Fluidne analogije*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
fall_01	.14	.35	.8767	.7089	.1165	.1271	1.04	1.30	11.72	I
fall_02	.94	.23	.9692	.8689	.3781	.3721			9.21	I
fall_03	.13	.34	.8712	.7684	.1584	.2059			13.75	I
fall_04	.18	.39	.9527	.7834	.1663	.1873			14.01	I
fall_05	.68	.47	.9035	.8765	.3375	.3476			12.64	I
fall_06	.79	.41	.9710	.8931	.5184	.5052	0.89	0.82	12.70	I
fall_07	.29	.46	.8506	.7438	.1627	.1521	1.09	1.17	13.65	I
fall_08	.95	.21	.9302	.8979	.3175	.3176			9.33	I
fall_09	.85	.36	.9147	.7579	.3096	.2937	1.04	1.18	10.26	I
fall_10	.50	.50	.7202	.8498	.1334	.1438	1.18	1.19	14.66	I
fall_11	.63	.49	.9352	.7853	.3704	.3725			15.11	I
fall_12	.86	.35	.7319	.7158	.0267	.0218	1.21	<b>1.32</b>	9.81	I
fall_13	.77	.42	.9291	.8210	.3710	.3534			11.24	I
fall_14	.77	.42	.9053	.8173	.3578	.3407			11.41	I
fall_15	.56	.50	.9329	.8583	.4167	.4176			14.15	I
fall_16	.78	.41	.9501	.8056	.4529	.4564			12.94	I
fall_17	.57	.50	.8934	.8663	.2242	.2454			14.55	I
fall_18	.58	.50	.9630	.8347	.3728	.3695			14.24	I
fall_19	.53	.50	.9468	.8192	.3904	.3689			13.43	I
fall_20	.65	.48	.9440	.7803	.4106	.3895			13.82	I
fall_21	.84	.37	.9420	.8841	.4237	.4393			11.15	I
fall_22	.62	.49	.8988	.7737	.3537	.3485			12.44	I
fall_23	.54	.50	.9213	.7681	.3503	.3324			12.54	I
fall_24	.77	.42	.9304	.8056	.3975	.3993			11.94	I
fall_25	.32	.47	.9170	.8616	.1985	.2032			13.06	I
fall_26	.58	.50	.9225	.8025	.2750	.2898			12.00	I
fall_27	.78	.41	.9612	.9171	.5602	.5458	0.85	0.81	12.65	I
fall_28	.52	.50	.8920	.8457	.3456	.3596			14.94	I
fall_29	.42	.50	.8838	.8144	.2639	.2642			13.62	I
fall_30	.92	.27	.9466	.8241	.4211	.4152			12.52	I
fall_31	.69	.47	.9190	.8578	.4036	.3998			14.16	I
fall_32	.83	.38	.9375	.8305	.4505	.4390	0.90	0.77	13.35	I
fall_33	.58	.50	.8438	.8649	.2176	.2368			13.00	I
fall_34	.58	.50	.9213	.7748	.4189	.4067			13.75	I
fall_35	.71	.46	.7168	.8216	.1230	.1421	1.20	1.23	14.37	I
fall_36	.95	.21	.8102	.8159	.0506	-.0055	1.12	<b>1.52</b>	10.19	I
fall_37	.73	.45	.9224	.8226	.3218	.3221			11.83	I
fall_38	.73	.45	.9202	.8106	.4219	.4112			12.69	I
fall_39	.17	.38	.8819	.8184	.0597	.0985	1.09	1.29	14.21	I
fall_40	.96	.19	.9103	.8525	.3876	.3748	0.89	0.75	7.50	I
fall_41	.74	.44	.9346	.8011	.3330	.3433			11.28	I
fall_42	.92	.28	.9571	.8487	.4024	.3978	0.89	0.80	10.81	I
fall_43	.86	.35	.9766	.9068	.5327	.5021	0.89	0.79	11.38	I
fall_44	.60	.49	.9057	.8597	.3284	.3125			13.08	I

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.

Tabela A2

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Fluidne analogije (nastavak)*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
fall_45	.89	.32	.9515	.8841	.4867	.4630	0.88	<b>0.67</b>	10.50	I
fall_46	.76	.43	.9165	.9174	.2813	.2927			12.07	I
fall_47	.78	.41	.9613	.7326	.3989	.3762			11.90	I
fall_48	.57	.50	.9625	.8470	.4866	.4618			12.91	I
fall_49	.84	.37	.9600	.9223	.4888	.4827	0.88	0.76	13.22	I
fall_50	.37	.49	.9372	.8565	.3558	.3837			10.67	I
fall_51	.14	.35	.8240	.7675	.1450	.1765	1.00	1.18	14.34	I
fall_52	.34	.48	.5783	.7912	.1058	.1419	1.11	<b>1.32</b>	14.43	I
fall_53	.89	.32	.9232	.7599	.2231	.2357			9.96	I
fall_54	.27	.45	.7786	.8032	.1973	.2165			14.67	I
fall_55	.65	.48	.8795	.8149	.1488	.1488	1.16	1.19	13.19	I
fall_56	.68	.47	.9596	.9296	.4703	.4661			11.57	I
fall_57	.43	.50	.8518	.8069	.2814	.2799			12.34	I
fall_58	.72	.45	.9538	.8474	.3901	.3985			12.20	I
fall_59	.68	.47	.8963	.6919	.1897	.2066	1.11	1.17	9.98	I
fall_60	.69	.47	.9567	.9232	.4846	.4751	0.89	0.83	11.81	I
fall_61	.62	.49	.9121	.8484	.3570	.3581			13.43	I
fall_62	.83	.38	.7874	.7982	.1712	.1932			10.04	I
fall_63	.75	.43	.9615	.8513	.5792	.5502	0.83	0.75	12.40	I
fall_64	.94	.23	.9777	.9050	.3055	.3289			8.32	I
fall_65	.78	.41	.9614	.8282	.3836	.3712			11.96	I
fall_66	.28	.45	.8816	.8299	.2422	.2221			12.66	I
fall_67	.60	.49	.7286	.7411	.1937	.2057	1.13	1.17	12.47	I
fall_68	.61	.49	.9281	.8581	.4238	.3952			12.31	I
fall_69	.85	.36	.9683	.8767	.5178	.5294	0.88	0.76	11.60	I
fall_70	.23	.42	.8019	.8719	.1543	.1763			13.00	I
fall_71	.65	.48	.9075	.8125	.3013	.2998			13.53	I
fall_72	.94	.23	.9071	.8247	.2939	.2919			9.52	I
fall_73	.78	.41	.9606	.8983	.3525	.3414			11.27	I
fall_74	.75	.43	.9226	.8783	.2578	.2582			10.58	I
fall_75	.35	.48	.9299	.7780	.3377	.3453			12.79	I
fall_76	.55	.50	.8820	.8206	.3383	.3365			11.30	I
fall_77	.41	.49	.9541	.8518	.4051	.4057			11.48	I
fall_78	.59	.49	.9065	.8128	.1692	.1739			11.85	I
fall_79	.85	.36	.9418	.8249	.3701	.3558			10.83	I
fall_80	.71	.46	.8412	.7987	.0773	.1029	1.14	1.21	9.53	I
fall_81	.95	.21	.9767	.8901	.2867	.3029			7.22	I
fall_82	.70	.46	.9091	.8106	.3951	.3923			11.41	I
fall_83	.80	.40	.8371	.8485	.1195	.1556	1.12	1.19	10.92	I
fal2_01	.90	.31	.9747	.8349	.4430	.4318			9.23	II
fal2_02	.48	.50	.8217	.7526	.0007	.0531	1.20	1.30	13.11	II
fal2_03	.80	.40	.9713	.7990	.4368	.4439			11.15	II
fal2_04	.66	.48	.8845	.7925	.2599	.2540			12.75	II
fal2_05	.61	.49	.9805	.8733	.5284	.5127	0.87	0.83	12.27	II

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.

Tabela A2

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Fluidne analogije (nastavak)*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
fal2_06	.67	.47	.9574	.8294	.3996	.4007			12.34	II
fal2_07	.66	.48	.9782	.9084	.6447	.6348	0.79	0.75	12.43	II
fal2_08	.32	.47	.9381	.9123	.3629	.3613			14.17	II
fal2_09	.39	.49	.9258	.8741	.3228	.3277			13.78	II
fal2_10	.55	.50	.8771	.7832	.2602	.2553			11.90	II
fal2_11	.69	.47	.9443	.8362	.2817	.3102			14.45	II
fal2_12	.73	.45	.8765	.8499	.1418	.1566	1.14	1.22	11.86	II
fal2_13	.75	.44	.9631	.8385	.4936	.4933			10.81	II
fal2_14	.71	.46	.9613	.8165	.3872	.3892			12.71	II
fal2_15	.53	.50	.9397	.8614	.3434	.3599			10.57	II
fal2_16	.75	.43	.9575	.8535	.3259	.3308			10.64	II
fal2_17	.70	.46	.9425	.8442	.3528	.3665			12.35	II
fal2_18	.84	.37	.9823	.9114	.5645	.5697	0.78	<b>0.60</b>	10.19	II
fal2_19	.46	.50	.8675	.7823	.1634	.1798	1.10	1.19	11.53	II
fal2_20	.66	.48	.9603	.8195	.4159	.4247			11.65	II
fal2_21	.56	.50	.8631	.7595	.1801	.1824			12.48	II
fal2_22	.66	.48	.9273	.8788	.3039	.2981			13.09	II
fal2_23	.56	.50	.8456	.7601	.0524	.0842	1.20	1.21	14.92	II
fal2_24	.77	.42	.9868	.8539	.6449	.6320	0.77	<b>0.68</b>	10.87	II
fal2_25	.82	.39	.9252	.8426	.3221	.3238			9.83	II
fal2_26	.83	.38	.9693	.8349	.5051	.5054	0.87	0.79	11.76	II
fal2_27	.70	.46	.9867	.9295	.6384	.6164	0.85	0.83	12.86	II
fal2_28	.60	.49	.9277	.8657	.3055	.3037			10.48	II
fal2_29	.56	.50	.9665	.8065	.4532	.4469	0.90	0.87	11.99	II
fal2_30	.78	.41	.9460	.7981	.3712	.3667			12.84	II
fal2_31	.29	.46	.9412	.8743	.3211	.3294			13.54	II
fal2_32	.54	.50	.9608	.7991	.3924	.3829			10.90	II
fal2_33	.43	.50	.9557	.7654	.4357	.4293	0.88	0.85	11.20	II
fal2_34	.56	.50	.9430	.8898	.3811	.3878			11.91	II
fal2_35	.70	.46	.9736	.8438	.5029	.4997	0.90	0.86	13.29	II
fal2_36	.58	.50	.9414	.8343	.3683	.3558			12.10	II
fal2_37	.66	.48	.9596	.9025	.4043	.3948			12.09	II
fal2_38	.77	.42	.9619	.8150	.4276	.4009			10.69	II
fal2_39	.59	.49	.9419	.8110	.3688	.3714			13.84	II
fal2_40	.75	.43	.9334	.8520	.3342	.3386			10.34	II
fal2_41	.87	.34	.9555	.8241	.3977	.4074	0.89	0.73	10.61	II
fal2_42	.28	.45	.9165	.7598	.2849	.2969			13.44	II
fal2_43	.60	.49	.9047	.7643	.2509	.2467			10.04	II
fal2_44	.98	.14	.9620	.7863	.3634	.3558			8.75	II
fal2_45	.88	.33	.9738	.8744	.4478	.4323	0.89	<b>0.69</b>	10.90	II
fal2_46	.93	.25	.9716	.8542	.4009	.3858			8.64	II
fal2_47	.75	.44	.9678	.8356	.4339	.4316			11.54	II
fal2_48	.69	.47	.9115	.7551	.1404	.1620	1.16	1.20	11.10	II

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.

Tabela A2

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Fluidne analogije (nastavak)*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
fal2_49	.78	.41	.9863	.8697	.6013	.5799	0.85	0.73	11.52	II
fal2_50	.84	.37	.9819	.8735	.5033	.5094	0.89	0.72	10.82	II
fal2_51	.66	.48	.9162	.7814	.3191	.3311			11.54	II
fal2_52	.70	.46	.9487	.7982	.3483	.3514			11.86	II
fal2_53	.62	.49	.9710	.7949	.4791	.4596			11.66	II
fal2_54	.18	.39	.9347	.7951	.2384	.2535			11.17	II
fal2_55	.74	.44	.8359	.7736	.1126	.1367	1.13	1.21	12.59	II
fal2_56	.70	.46	.9520	.8576	.4315	.4320			12.49	II
fal2_57	.89	.32	.9433	.7639	.3732	.3884			9.48	II
fal2_58	.61	.49	.9403	.7763	.2711	.2735			12.53	II
fal2_59	.78	.41	.9079	.7554	.2764	.2988			10.65	II
fal2_60	.25	.44	.7603	.7717	.0616	-.0114	1.16	<b>1.40</b>	13.74	II
fal2_61	.56	.50	.9368	.7315	.3846	.3791			11.58	II
fal2_62	.01	.10	.8357	.6962	.0798	.1109			13.01	II
fal2_63	.83	.38	.9314	.8286	.2561	.2677			11.25	II
fal2_64	.67	.47	.9566	.7812	.3613	.3413			10.60	II
fal2_65	.60	.49	.9620	.8138	.4051	.4059			10.93	II
fal2_66	.58	.50	.9575	.8307	.3875	.3911			11.83	II
fal2_67	.50	.50	.9770	.8125	.4759	.4577			11.67	II
fal2_68	.46	.50	.9490	.7812	.3527	.3644			12.75	II
fal2_69	.65	.48	.8268	.7559	.1178	.1312	1.19	1.20	9.80	II
fal2_70	.82	.39	.9653	.8591	.5277	.5210	0.90	0.79	11.77	II
fal2_71	.73	.45	.9719	.8094	.5251	.5163			11.37	II
fal2_72	.80	.40	.9617	.8958	.4653	.4547			12.37	II
fal2_73	.83	.38	.8960	.8723	.2313	.2409	1.06	1.19	10.63	II
fal2_74	.85	.36	.9046	.7235	.1890	.2099	1.10	1.27	9.63	II
fal2_75	.44	.50	.9517	.7880	.4042	.4022			9.28	II
fal2_76	.83	.38	.9075	.8611	.3069	.3093			9.81	II
fal2_77	.77	.42	.9755	.8295	.4746	.4438			9.88	II
fal2_78	.57	.50	.8011	.8176	.1245	.1392	1.21	1.29	11.47	II
fal2_79	.76	.43	.9513	.8475	.2862	.2931			10.36	II
fal2_80	.68	.47	.9017	.8690	.2275	.2450			10.65	II
fal2_81	.89	.32	.9640	.7159	.4456	.4390	0.89	0.82	8.77	II
fal2_82	.66	.48	.9680	.8200	.4768	.4630			11.31	II
fal2_83	.66	.48	.9754	.8629	.5029	.4888			10.50	II

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.

Tabela A3

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Kristalizovane asocijacije*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
kal_01	.68	.47	.9822	.9068	.5834	.5460	0.84	0.82	8.98	I
kal_02	.58	.50	.8986	.8494	.0284	.0029	1.21	1.26	10.26	I
kal_03	.72	.45	.8988	.8340	.0988	-.0531	1.24	<b>1.38</b>	8.55	I
kal_04	.79	.41	.9822	.8975	.4868	.4587	0.88	0.77	8.38	I
kal_05	.48	.50	.9680	.9139	.2961	.3209			9.79	I
kal_06	.86	.35	.9608	.8537	.3225	.3109			7.29	I
kal_07	.65	.48	.9471	.8504	.3121	.3231			7.37	I
kal_08	.19	.39	.9106	.9274	.0048	.0524	1.11	<b>1.42</b>	10.25	I
kal_09	.37	.49	.9446	.9054	.2676	.2370			10.46	I
kal_10	.42	.50	.9495	.8811	.2125	.2592			9.10	I
kal_11	.82	.39	.9383	.8958	.2926	.3295			8.87	I
kal_12	.74	.44	.9528	.8355	.1311	.1299			8.95	I
kal_13	.49	.50	.8938	.8059	.0572	-.0094	1.23	1.29	9.64	I
kal_14	.33	.47	.9691	.9030	.4613	.4693	0.88	0.80	8.62	I
kal_15	.52	.50	.9845	.9510	.4288	.3982			9.37	I
kal_16	.55	.50	.9544	.8956	.2239	.2451			9.39	I
kal_17	.51	.50	.9757	.8976	.4513	.4525			9.16	I
kal_18	.92	.28	.9622	.8113	.3200	.3217			6.97	I
kal_19	.75	.44	.9084	.8932	.0802	.1521			8.60	I
kal_20	.89	.32	.9546	.9188	.1972	.2142			7.50	I
kal_21	.28	.45	.8639	.8242	.1152	.1407			9.26	I
kal_22	.46	.50	.9770	.8680	.4038	.3834			9.71	I
kal_23	.71	.46	.9754	.9447	.3810	.3881			9.35	I
kal_24	.74	.44	.9042	.8276	.2315	.2524			8.29	I
kal_25	.65	.48	.9382	.8813	.1795	.2332			9.50	I
kal_26	.43	.50	.9603	.9069	.3492	.3470			10.79	I
kal_27	.17	.38	.9825	.9138	.4491	.4692	0.84	<b>0.64</b>	11.36	I
kal_28	.86	.35	.9387	.8240	.1817	.1965			7.25	I
kal_29	.32	.47	.9762	.9084	.2975	.2945			9.55	I
kal_30	.21	.41	.9587	.8947	.3989	.4036			9.37	I
kal_31	.84	.37	.9837	.9022	.5802	.5196	0.83	<b>0.64</b>	8.52	I
kal_32	.28	.45	.9816	.8887	.3997	.3916			8.62	I
kal_33	.72	.45	.9761	.9119	.3594	.3590			9.26	I
kal_34	.29	.46	.9618	.8922	.3892	.3988			9.32	I
kal_35	.77	.42	.9772	.9188	.3943	.3731			7.97	I
kal_36	.56	.50	.9785	.9203	.4017	.3640			10.27	I
kal_37	.66	.48	.9782	.8965	.4559	.4336			9.37	I
kal_38	.95	.21	.9791	.9031	.4244	.4281	0.86	<b>0.44</b>	7.64	I
kal_39	.31	.47	.9664	.8884	.3729	.3361			10.50	I
kal_40	.51	.50	.9473	.8580	.2397	.2294			7.35	I
kal_41	.70	.46	.9566	.9341	.0724	.1262			9.11	I
kal_42	.43	.50	.9031	.8460	.1077	-.0903	1.29	<b>1.39</b>	9.76	I
kal_43	.44	.50	.9523	.8809	.2674	.2521			8.95	I
kal_44	.73	.45	.8648	.8317	.0406	.0574	1.16	<b>1.31</b>	7.75	I
kal_45	.76	.43	.9038	.8767	.1136	-.0276	1.24	<b>1.37</b>	9.28	I
kal_46	.44	.50	.9813	.8900	.5834	.5717	0.83	0.79	8.47	I

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.



Tabela A3

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Kristalizovane asocijacije (nastvak)*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
kal_47	.92	.28	.9741	.9077	.2469	.2897			5.97	I
kal_48	.78	.41	.9794	.9166	.5819	.5180	0.82	0.77	8.23	I
kal_49	.24	.43	.9235	.8973	.0422	.0724	1.10	1.26	10.55	I
kal_50	.69	.47	.9180	.8802	.0254	.0571	1.17	1.28	7.87	I
kal_51	.13	.34	.9295	.8979	.1116	-.0904	1.10	<b>1.61</b>	12.39	I
kal_52	.37	.49	.9607	.9413	.3210	.3334			8.95	I
kal_53	.63	.49	.9783	.9166	.4697	.4441			8.17	I
kal_54	.41	.49	.9146	.9133	.1031	-.0625	1.27	<b>1.34</b>	11.92	I
kal_55	.61	.49	.9794	.9093	.4846	.4561			8.47	I
kal_56	.68	.47	.9930	.9248	.7122	.6780	0.76	0.71	7.85	I
kal_57	.75	.43	.9772	.9160	.4311	.4017			8.68	I
kal_58	.37	.49	.8927	.8551	.0272	.0527	1.19	1.21	9.45	I
kal_59	.34	.48	.9546	.9380	.3206	.2896			9.31	I
kal_60	.66	.48	.9847	.8948	.5276	.4805			8.47	I
kal_61	.90	.31	.9655	.9173	.3229	.3223			6.87	I
kal_62	.34	.48	.9326	.8578	.0885	.1009			8.65	I
kal_63	.72	.45	.9510	.8515	.2799	.2693			8.36	I
kal_64	.52	.50	.9675	.9328	.3519	.3426			8.59	I
kal_65	.84	.37	.9143	.9036	.1814	.1739	1.03	1.25	6.62	I
kal_66	.46	.50	.9648	.8976	.3473	.3250			7.11	I
kal_67	.75	.44	.9597	.9036	.3267	.3172			8.89	I
kal_68	.60	.49	.9617	.9141	.2861	.3044			9.11	I
kal_69	.56	.50	.9661	.9559	.1747	.1650			8.21	I
kal_70	.48	.50	.9539	.8368	.2994	.2966			8.43	I
kal_71	.95	.21	.9369	.9106	.0348	.0050	1.09	<b>1.71</b>	7.45	I
kal_72	.64	.48	.9722	.8638	.3952	.4006			8.83	I
kal_73	.65	.48	.9899	.8875	.5412	.5089	0.88	0.86	9.33	I
kal_74	.68	.47	.9850	.9304	.5606	.5463	0.83	0.82	8.07	I
kal_75	.78	.41	.9246	.8490	.2507	.2866			8.01	I
kal_76	.08	.28	.9319	.8525	.1327	.1508			9.94	I
kal_77	.04	.19	.8923	.9008	.1057	.1375			7.30	I
kal_78	.56	.50	.9744	.8761	.4478	.4326			7.68	I
kal_79	.68	.47	.9748	.8843	.2848	.2661			8.53	I
kal_80	.16	.37	.9187	.8725	.2131	.2000			10.27	I
kal_81	.67	.47	.9619	.8757	.4109	.3948			8.03	I
kal_82	.75	.44	.9696	.9480	.2771	.2837			8.05	I
kal_83	.33	.47	.9683	.8781	.3727	.3983			9.48	I
kal_84	.53	.50	.9606	.8987	.4191	.4110			8.05	I
kal_85	.50	.50	.9735	.9272	.4629	.4574			8.62	I
kal_86	.89	.32	.9527	.9477	.0540	.1002	1.06	1.30	7.99	I
kal_87	.91	.29	.9199	.8738	.3020	.3125			6.85	I
kal_88	.53	.50	.9625	.8913	.1250	.1445			9.16	I
kal_89	.50	.50	.9545	.8846	.2059	.2348			10.78	I
kal_90	.57	.50	.9540	.9577	.0758	.1516	1.14	1.16	9.84	I
kal_91	.90	.31	.9653	.8237	.1625	.2145			6.95	I

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.

Tabela A3

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Kristalizovane asocijacije (nastvak)*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
ka1_92	.88	.33	.9434	.8815	.2979	.3166			6.82	I
ka1_93	.60	.49	.9491	.8686	.2216	.2410			9.25	I
ka1_94	.62	.49	.9564	.9039	.2019	.1814			9.40	I
ka1_95	.80	.40	.9025	.8536	.0720	.1029			10.32	I
ka2_01	.97	.17	.9041	.8556	.0958	.1583			5.84	II
ka2_02	.51	.50	.9789	.9425	.4024	.4023			8.16	II
ka2_03	.91	.29	.9850	.9136	.3936	.4275	0.88	0.70	5.62	II
ka2_04	.75	.44	.9846	.8266	.4437	.4035			8.21	II
ka2_05	.52	.50	.9730	.9408	.2896	.3021			7.76	II
ka2_06	.89	.32	.9795	.9145	.5025	.5199	0.85	<b>0.59</b>	6.33	II
ka2_07	.64	.48	.9576	.9423	.2736	.3019			8.87	II
ka2_08	.71	.46	.9884	.8748	.4803	.4562			8.85	II
ka2_09	.74	.44	.9766	.9303	.4381	.4233			8.89	II
ka2_10	.66	.48	.9826	.8931	.4560	.4206	0.89	0.87	8.72	II
ka2_11	.87	.34	.9548	.9166	.0133	.0532	1.14	<b>1.46</b>	6.35	II
ka2_12	.68	.47	.9365	.9351	.2643	.2682			8.75	II
ka2_13	.65	.48	.9689	.9364	.3959	.3841			9.24	II
ka2_14	.17	.38	.9250	.8913	.2074	.2170			7.91	II
ka2_15	.78	.41	.9659	.8742	.1159	.1561			7.79	II
ka2_16	.62	.49	.9568	.8983	.2578	.2695			9.69	II
ka2_17	.57	.50	.9569	.8543	.2428	.2517			7.69	II
ka2_18	.50	.50	.9770	.8723	.2917	.2911			9.89	II
ka2_19	.44	.50	.9838	.9354	.4592	.4104			8.82	II
ka2_20	.71	.46	.9907	.9767	.5433	.5042	0.84	0.77	7.31	II
ka2_21	.79	.41	.9842	.8746	.5374	.5610	0.84	0.76	8.64	II
ka2_22	.68	.47	.9835	.9545	.5212	.4613	0.85	0.86	7.94	II
ka2_23	.77	.42	.9773	.8561	.3806	.3761			8.30	II
ka2_24	.44	.50	.9685	.9260	.4502	.4537			9.11	II
ka2_25	.76	.43	.9483	.9211	.2210	-.1474	1.28	<b>1.58</b>	9.13	II
ka2_26	.87	.34	.9305	.8961	.1205	.1571			8.16	II
ka2_27	.46	.50	.9684	.9121	.3682	.3327			8.35	II
ka2_28	.47	.50	.9750	.8778	.4085	.4329			8.52	II
ka2_29	.32	.47	.9328	.9197	.0576	.0647			11.61	II
ka2_30	.25	.43	.9507	.8972	.2922	.2967			10.00	II
ka2_31	.49	.50	.9729	.8981	.2676	.3149			8.68	II
ka2_32	.38	.49	.9718	.9582	.3168	.2958			11.58	II
ka2_33	.82	.39	.9489	.8364	.2089	.1969			6.99	II
ka2_34	.49	.50	.9822	.8289	.5181	.5140	0.86	0.84	8.64	II
ka2_35	.87	.34	.9829	.9653	.4132	.4055			6.81	II
ka2_36	.33	.47	.9144	.9140	.2086	.2275			8.41	II
ka2_37	.35	.48	.9809	.9642	.4820	.4420	0.89	0.84	10.05	II
ka2_38	.59	.49	.9847	.9369	.5762	.5568	0.84	0.81	7.79	II
ka2_39	.41	.49	.9581	.9282	.1808	.1734			9.47	II
ka2_40	.70	.46	.9142	.9026	.0051	.0531	1.18	1.27	9.40	II
ka2_41	.90	.31	.9402	.9465	.0925	.1175	1.06	1.25	7.32	II

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.

Tabela A3

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Kristalizovane asocijacije (nastavak)*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
ka2_42	.75	.44	.9811	.8641	.4368	.4129			8.39	II
ka2_43	.29	.46	.9073	.8644	.1392	.1980			8.36	II
ka2_44	.96	.19	.9773	.9200	.3528	.3719			6.30	II
ka2_45	.33	.47	.9047	.9211	.0838	-.0545	1.22	<b>1.39</b>	9.03	II
ka2_46	.91	.29	.9605	.9311	.0767	.1768			7.50	II
ka2_47	.71	.46	.9477	.8523	.1844	.2166			8.79	II
ka2_48	.25	.43	.9581	.8200	.2206	.2666			10.02	II
ka2_49	.60	.49	.9843	.9409	.4126	.3884			6.99	II
ka2_50	.97	.17	.9767	.9350	.2239	.2822			6.65	II
ka2_51	.95	.21	.9588	.8249	.1645	.1869			5.76	II
ka2_52	.37	.49	.9598	.9121	.4253	.3827			8.79	II
ka2_53	.62	.49	.9437	.9246	.2025	.2304			8.59	II
ka2_54	.81	.39	.8425	.8816	.0077	-.0066	1.15	<b>1.43</b>	9.18	II
ka2_55	.58	.50	.9722	.9487	.4386	.4292			7.72	II
ka2_56	.75	.44	.9765	.9295	.4678	.4588			9.54	II
ka2_57	.98	.14	.9699	.9556	.1720	.2059			6.33	II
ka2_58	.28	.45	.9793	.9191	.3550	.3914			8.22	II
ka2_59	.66	.48	.9650	.9214	.1779	.1889			9.97	II
ka2_60	.77	.42	.9163	.8632	.0088	.0898			7.50	II
ka2_61	.57	.50	.9425	.9395	.1014	.1332	1.14	1.16	8.44	II
ka2_62	.68	.47	.9890	.9195	.5750	.5539	0.84	0.80	6.73	II
ka2_63	.12	.33	.9431	.8704	.0273	.0453	1.08	<b>1.42</b>	11.87	II
ka2_64	.42	.50	.9833	.9176	.4640	.4354			9.74	II
ka2_65	.69	.47	.9773	.8916	.5128	.4736	0.89	0.86	7.38	II
ka2_66	.80	.40	.9918	.8804	.4918	.4820	0.88	0.81	6.81	II
ka2_67	.62	.49	.9653	.9190	.4426	.4580			10.04	II
ka2_68	.91	.29	.9826	.9621	.3995	.3781			5.66	II
ka2_69	.80	.40	.9829	.8867	.5073	.4485	0.86	0.72	8.11	II
ka2_70	.35	.48	.9368	.9203	.2524	.2461			9.07	II
ka2_71	.25	.44	.9360	.8073	.3516	.3440			8.88	II
ka2_72	.91	.29	.9255	.9502	.0606	.1208	1.10	1.25	7.22	II
ka2_73	.43	.50	.9641	.8709	.4078	.3853			11.28	II
ka2_74	.31	.47	.9858	.9359	.5729	.5365	0.86	0.79	9.20	II
ka2_75	.06	.23	.9005	.7972	.0766	.0892	1.01	<b>1.48</b>	10.90	II
ka2_76	.27	.45	.8949	.9211	.1164	.1274			7.52	II
ka2_77	.35	.48	.9786	.8805	.4129	.4177			9.24	II
ka2_78	.62	.49	.9660	.8778	.3603	.3526			8.02	II
ka2_79	.49	.50	.9723	.8136	.2985	.2752			7.37	II
ka2_80	.95	.21	.9798	.9499	.2316	.3016			5.74	II
ka2_81	.61	.49	.9618	.9354	.2175	.2428			9.67	II
ka2_82	.65	.48	.9598	.8970	.2708	.2831			8.50	II
ka2_83	.55	.50	.9800	.9084	.4137	.4018			10.32	II
ka2_84	.92	.27	.9341	.7614	.0471	.0086	1.10	<b>1.66</b>	6.96	II
ka2_85	.81	.39	.9414	.8754	.0508	.1095	1.09	1.28	6.01	II
ka2_86	.42	.50	.9626	.9066	.2951	.2777			10.64	II

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.

Tabela A3

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Kristalizovane asocijacije (nastavak)*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
ka2_87	.84	.37	.9633	.8567	.3189	.2994			6.93	II
ka2_88	.29	.46	.9321	.8888	.0914	-.0629	1.21	<b>1.36</b>	8.40	II
ka2_89	.86	.35	.9618	.8609	.2694	.2608			6.08	II
ka2_90	.42	.50	.9235	.8107	.1740	.1707			8.16	II
ka2_91	.60	.49	.9594	.9231	.2736	.2331			9.34	II
ka2_92	.55	.50	.9771	.9030	.4479	.3975			8.85	II
ka2_93	.69	.47	.9954	.9465	.6332	.6095	0.78	0.74	8.43	II
ka2_94	.29	.46	.9653	.9463	.3734	.3508			7.44	II
ka2_95	.75	.43	.9626	.9191	.2238	.2616			7.56	II

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.

Tabela A4

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Mozaik*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
mzk1_02	.78	.41	.8620	.6324	.3755	.3825	0.96	0.89	11.39	I
mzk1_04	.86	.35	.9187	.5865	.3449	.3422	0.96	0.85	10.72	I
mzk1_05	.53	.50	.9294	.7103	.5481	.5250	0.87	0.83	13.67	I
mzk1_06	.82	.39	.9405	.7083	.4446	.4247	0.91	0.74	10.84	I
mzk1_08	.70	.46	.9371	.7293	.4967	.4798	0.88	0.83	12.25	I
mzk1_10	.85	.36	.9665	.6698	.5320	.5152	0.78	<b>0.56</b>	11.40	I
mzk1_12	.61	.49	.9472	.7519	.5703	.5408	0.84	0.79	12.18	I
mzk1_14	.53	.50	.9096	.6505	.4799	.4784	0.92	0.89	14.66	I
mzk1_15	.64	.48	.9469	.7649	.5527	.5355	0.85	0.78	13.08	I
mzk1_16	.63	.49	.9211	.6336	.4276	.4239	0.96	0.92	13.12	I
mzk1_18	.35	.48	.8883	.7090	.3949	.3901			17.01	I
mzk1_20	.40	.49	.9144	.6242	.4263	.3961			14.56	I
mzk1_22	.45	.50	.9163	.5968	.3403	.3537	1.03	1.06	14.63	I
mzk1_24	.37	.49	.8686	.6637	.3507	.3522			15.68	I
mzk1_25	.54	.50	.9117	.5846	.3276	.3335	1.05	1.06	14.25	I
mzk1_26	.58	.50	.8945	.6828	.3510	.3789			14.43	I
mzk1_28	.65	.48	.8812	.6635	.3476	.3512			12.84	I
mzk1_30	.36	.48	.9578	.6559	.5683	.5614	0.83	0.76	15.40	I
mzk1_32	.30	.46	.7584	.7259	.3044	.3092	1.06	1.06	13.92	I
mzk1_34	.29	.46	.8669	.5347	.3135	.3294	1.02	1.17	14.04	I
mzk1_35	.27	.45	.8968	.6389	.4464	.4513	0.93	0.84	14.29	I
mzk1_36	.49	.50	.8296	.5681	.3485	.3563	1.03	1.06	13.75	I
mzk1_38	.34	.48	.9685	.6731	.5371	.5164	0.87	0.80	13.88	I
mzk1_40	.35	.48	.8163	.5687	.1663	.2048	1.15	1.30	15.70	I
mzk1_42	.39	.49	.7449	.4841	.1648	.2039	1.17	1.27	15.27	I
mzk1_44	.25	.44	.8587	.5606	.3207	.3574	0.98	1.07	15.09	I
mzk1_45	.15	.36	.7579	.6833	.2010	.2072	1.09	1.11	15.35	I
mzk1_46	.51	.50	.8628	.6447	.3213	.3225	1.05	1.06	14.35	I
mzk1_48	.17	.38	.7770	.5229	.0980	.1299	1.13	<b>1.69</b>	15.22	I
mzk1_50	.31	.47	.9409	.6853	.4850	.4715	0.90	0.93	14.76	I
mzk1_52	.14	.35	.7438	.6444	.2300	.2547	1.10	1.02	14.65	I
mzk1_54	.25	.43	.5344	.6101	.1054	.1210	1.20	<b>1.36</b>	15.29	I
mzk2_01	.92	.28	.9233	.6461	.4135	.4111	0.86	<b>0.52</b>	10.31	II
mzk2_03	.86	.35	.8367	.6400	.2178	.2378	1.00	1.29	9.69	II
mzk2_05	.63	.49	.9162	.6321	.4765	.4632	0.92	0.87	14.21	II
mzk2_07	.65	.48	.8923	.6684	.4143	.4162			11.85	II
mzk2_09	.46	.50	.9461	.6928	.5483	.5220	0.88	0.83	15.23	II
mzk2_10	.83	.38	.9001	.6444	.4530	.4337	0.90	0.70	11.74	II
mzk2_11	.70	.46	.8900	.6780	.4141	.4016			13.37	II
mzk2_13	.75	.43	.9047	.5927	.3270	.3339			13.76	II
mzk2_15	.58	.50	.9259	.7800	.4484	.4291			13.81	II
mzk2_17	.41	.49	.9507	.5931	.4656	.4634	0.92	0.93	16.24	II
mzk2_19	.51	.50	.9440	.6077	.5236	.4954	0.90	0.87	14.83	II
mzk2_20	.26	.44	.7875	.6891	.3025	.3201	1.02	1.07	14.45	II
mzk2_21	.13	.34	.8273	.6632	.2154	.2252	1.05	1.22	15.82	II

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.

Tabela A4

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Mozaik (nastavak)*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
mzk2_23	.49	.50	.9232	.6732	.4257	.4251	0.97	0.93	13.69	II
mzk2_25	.52	.50	.8666	.6087	.3239	.3297	1.06	1.08	14.95	II
mzk2_27	.45	.50	.9171	.7691	.5055	.4900	0.90	0.88	15.76	II
mzk2_29	.58	.50	.9350	.7738	.5185	.5106	0.89	0.83	13.52	II
mzk2_30	.28	.45	.9002	.7344	.4270	.4507	0.92	0.88	15.70	II
mzk2_31	.13	.34	.6892	.4431	.0159	.0467	1.20	<b>2.10</b>	15.73	II
mzk2_33	.39	.49	.8462	.7158	.2276	.2416	1.14	1.17	14.47	II
mzk2_35	.30	.46	.9231	.7115	.4824	.4698	0.89	0.93	14.88	II
mzk2_37	.29	.46	.6148	.5952	.0960	-.0405	1.38	<b>1.56</b>	18.17	II
mzk2_39	.20	.40	.8742	.6765	.3702	.3761	0.97	0.85	15.64	II
mzk2_40	.38	.49	.8854	.6588	.3725	.3520	1.02	1.11	15.85	II
mzk2_41	.12	.33	.7740	.5380	.2273	.2377	1.03	1.17	16.13	II
mzk2_43	.48	.50	.8735	.7117	.3879	.3882			16.36	II
mzk2_45	.25	.43	.7948	.6226	.1577	.1845	1.11	<b>1.60</b>	15.42	II
mzk2_47	.23	.42	.5415	.5792	.1375	.1675	1.11	<b>1.67</b>	15.05	II
mzk2_49	.19	.39	.6979	.4825	.0888	.1195	1.18	<b>1.37</b>	15.31	II
mzk2_50	.23	.42	.9142	.6138	.4377	.4324			15.97	II
mzk2_51	.20	.40	.9149	.5860	.2970	.2946			15.49	II
mzk2_53	.29	.46	.8381	.6809	.2654	.2802	1.06	1.19	14.79	II

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.

Tabela A5

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Slagalica*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
puzz1_02	.42	.50	.8220	.6131	.2009	.1812	1.10	1.10	11.25	I
puzz1_04	.63	.49	.9181	.7978	.4317	.4140	0.92	0.90	11.08	I
puzz1_05	.93	.25	.7726	.6796	.1824	.1845			9.19	I
puzz1_06	.61	.49	.9051	.7831	.3688	.3603			13.37	I
puzz1_08	.76	.43	.8936	.6825	.2322	.2282	1.04	0.98	10.62	I
puzz1_10	.34	.48	.8950	.7430	.3952	.3876	0.92	0.91	14.35	I
puzz1_12	.42	.50	.7982	.7056	.2795	.2833			13.13	I
puzz1_14	.68	.47	.9468	.7852	.4372	.3982	0.94	0.88	14.03	I
puzz1_15	.58	.50	.8546	.8145	.3389	.3623			12.15	I
puzz1_16	.77	.42	.8733	.7690	.3311	.3081			12.66	I
puzz1_18	.41	.49	.7582	.6875	.0066	.0235	1.19	1.22	13.57	I
puzz1_20	.75	.44	.8736	.7361	.4085	.3895	0.94	0.89	13.67	I
puzz1_22	.69	.47	.9530	.6994	.4705	.4421	0.90	0.85	14.60	I
puzz1_24	.56	.50	.8064	.7596	.2854	.2707	1.03	1.04	14.53	I
puzz1_25	.57	.50	.8274	.7281	.3185	.3139			14.40	I
puzz1_26	.34	.48	.8657	.7630	.3510	.3365			16.56	I
puzz1_28	.46	.50	.8685	.8252	.3551	.3108			15.20	I
puzz1_30	.36	.48	.9076	.6486	.3165	.3173			16.73	I
puzz1_32	.68	.47	.9598	.7913	.6005	.5682	0.81	0.74	12.82	I
puzz1_34	.55	.50	.6997	.6068	.0390	.0851	1.16	1.19	13.61	I
puzz1_35	.61	.49	.9158	.7156	.4746	.4592	0.89	0.87	14.55	I
puzz1_36	.86	.35	.8411	.7560	.3132	.2896			12.29	I
puzz1_38	.45	.50	.8604	.7923	.3587	.3640	0.96	0.96	15.09	I
puzz1_40	.23	.42	.6609	.6051	.1865	.2065	1.04	1.11	14.50	I
puzz1_42	.52	.50	.9195	.7366	.4285	.3935	0.94	0.93	14.31	I
puzz1_44	.38	.49	.9105	.7057	.4158	.3994	0.91	0.91	14.72	I
puzz1_45	.51	.50	.7677	.6971	.2806	.3155			13.55	I
puzz1_46	.35	.48	.6859	.5756	.1586	.1807	1.09	1.09	13.11	I
puzz1_48	.44	.50	.9106	.7758	.4105	.4157	0.93	0.93	14.64	I
puzz1_50	.85	.36	.8579	.6612	.2854	.2882			11.26	I
puzz1_52	.47	.50	.8706	.6614	.3423	.3325			14.45	I
puzz1_54	.51	.50	.8562	.6578	.3248	.3340			13.88	I
puzz1_55	.71	.46	.9270	.6102	.4547	.4369	0.90	0.88	13.90	I
puzz1_56	.45	.50	.7716	.6891	.2422	.2670	1.03	1.04	13.14	I
puzz1_58	.66	.48	.6740	.5763	.1737	.1843	1.07	1.11	14.94	I
puzz1_60	.08	.27	.6875	.5897	.0370	.0529	1.07	1.30	16.35	I
puzz1_62	.50	.50	.6914	.6149	.0755	.1000	1.15	1.15	13.62	I
puzz2_01	.75	.44	.9138	.8162	.5012	.4866	0.87	0.80	10.39	II
puzz2_03	.60	.49	.8717	.7351	.3870	.3868	0.95	0.94	12.88	II
puzz2_05	.97	.17	.7974	.8436	.1249	.1782			8.60	II
puzz2_07	.02	.14	.6952	.7159	.0273	.0051	1.03	<b>1.56</b>	8.33	II
puzz2_09	.38	.49	.8090	.6927	.2274	.2602	1.04	1.01	13.81	II
puzz2_10	.54	.50	.9103	.7482	.4217	.4081	0.93	0.94	12.61	II
puzz2_11	.67	.47	.9083	.7669	.3716	.3787	0.96	0.93	13.07	II
puzz2_13	.93	.25	.7814	.8334	.0846	.0973	1.02	<b>1.52</b>	10.89	II

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni

Tabela A5

*Psihometrijske karakteristike zadataka preliminarne forme testa Slagalica (nastavak)*

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>infit</i>	<i>outfit</i>	<i>M vreme (s)</i>	<i>forma</i>
puzz2_15	.79	.41	.9328	.7452	.4133	.4172	0.90	0.79	10.72	II
puzz2_17	.70	.46	.9062	.7509	.3209	.3163			13.66	II
puzz2_19	.56	.50	.7492	.7625	.1990	.2174	1.06	1.06	14.47	II
puzz2_20	.75	.44	.8815	.7364	.3734	.3878	0.94	0.87	12.36	II
puzz2_21	.75	.43	.8557	.7716	.2970	.3020			12.11	II
puzz2_23	.47	.50	.8919	.6322	.2931	.2900			15.02	II
puzz2_25	.58	.50	.8882	.7077	.4193	.4401	0.92	0.90	13.94	II
puzz2_27	.41	.49	.7584	.6623	.0980	.1068	1.14	1.17	13.69	II
puzz2_29	.42	.50	.7649	.7150	.2853	.2942			14.77	II
puzz2_30	.45	.50	.8744	.6176	.2888	.2956			16.19	II
puzz2_31	.74	.44	.7251	.6691	.0295	.0699	1.14	1.16	15.50	II
puzz2_33	.40	.49	.7111	.6151	.0862	.1331	1.11	1.15	14.21	II
puzz2_35	.70	.46	.9397	.7043	.4328	.4298	0.91	0.88	13.92	II
puzz2_37	.38	.49	.2044	.7270	.0642	.1032	1.13	1.19	15.50	II
puzz2_39	.28	.45	.7327	.6438	.1266	.1406	1.11	1.15	14.26	II
puzz2_40	.28	.45	.6723	.6724	.1303	.1434	1.10	1.16	14.32	II
puzz2_41	.36	.48	.9283	.6930	.4888	.4841	0.87	0.83	14.73	II
puzz2_43	.29	.46	.6609	.7284	.1673	.1735	1.07	1.12	14.88	II
puzz2_45	.44	.50	.8755	.6981	.3556	.3446	0.96	0.96	14.08	II
puzz2_47	.46	.50	.8159	.7679	.1220	.1209	1.13	1.15	15.85	II
puzz2_49	.42	.50	.8250	.6816	.3192	.3139			13.21	II
puzz2_50	.91	.29	.8346	.7683	.3527	.3373	0.94	0.70	11.04	II
puzz2_51	.80	.40	.8223	.7916	.2997	.3023			11.18	II
puzz2_53	.54	.50	.9414	.6605	.4429	.4349	0.91	0.90	15.07	II
puzz2_55	.67	.47	.9276	.7044	.4625	.4411	0.90	0.94	13.43	II
puzz2_57	.55	.50	.8385	.7725	.1171	.1394	1.12	1.15	14.73	II
puzz2_59	.72	.45	.8278	.7091	.3855	.3772	0.94	0.91	12.15	II
puzz2_60	.27	.45	.7651	.6955	.1124	.1357	1.10	1.11	15.50	II
puzz2_61	.33	.47	.7590	.6112	.1361	.1684	1.08	1.12	13.39	II
puzz2_63	.42	.50	.8249	.7570	.2723	.2895			13.64	II

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; *forma* – neparna (I) i parna (II) forma testa; Vrednosti infita i outfita za ajteme odgovarajućeg fita su izostavljeni.



## 7.2 Prilog B

Tabela B1

Razlike između četiri forme testa za svaki od testova kognitivnih sposobnosti

	I forma	II forma	III forma	IV forma	F (df1, df2)	p	$\eta_p^2$
MTRX	I forma	-0.476	-1.083**	-0.143	7.465 (3,249)	.001	.083
	II forma		-0.607	0.333			
	III forma			0.940**			
	IV forma						
FAL	I forma	0.869	-0.107	0.440	2.295 (2.55,211.61)	.089	.027
	II forma		-0.976	-0.429			
	III forma			0.548			
	IV forma						
SA	I forma	0.429	1.369**	0.976	6.731 (3,249)	.001	.075
	II forma		0.940*	0.548			
	III forma			-0.393			
	IV forma						
KA	I forma	0.964	0.036	0.238	2.675 (3,249)	.048	.031
	II forma		-0.929	-0.726			
	III forma			0.202			
	IV forma						
MZK	I forma	0.214	0.024	0.631	0.307 (3,249)	.820	.004
	II forma		-0.190	0.417			
	III forma			0.607			
	IV forma						
PUZZ	I forma	0.036	0.262	0.298	0.164 (2.66,221.03)	.902	.002
	II forma		0.226	0.262			
	III forma			0.036			
	IV forma						
SMBL	I forma	-1.857*	-3.238**	-2.726**	9.475 (3,249)	.001	.102
	II forma		-1.381	-0.869			
	III forma			0.512			
	IV forma						
PTRG	I forma	1.440	0.536	2.202*	3.392 (3,249)	.019	.039
	II forma		-0.905	0.762			
	III forma			1.667			
	IV forma						

Napomena. MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalice; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; F (df1, df2) – F količnik sa pripadajućim stepenima slobode;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; Brojevi iznad glavne dijagonale predstavljaju vrednosti prosečnih razlika

### 7.3 Prilog C

Tabela C1

Korelacije testova unutar istih i kroz različite forme ( $N = 84$ )

		MTRX				FAL				SA				KA			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
FAL	I	<b>.402</b>	.217	.332	.400												
	II	.293	<b>.212</b>	.250	.304												
	III	.295	.178	<b>.276</b>	.390												
	IV	.375	.325	.473	<b>.502</b>												
SA	I	<b>.148</b>	.269	.301	.388	<b>.307</b>	.276	.426	.250								
	II	.195	<b>.272</b>	.279	.349	.185	<b>.299</b>	.302	.224								
	III	.174	.255	<b>.372</b>	.397	.274	.294	<b>.376</b>	.338								
	IV	.136	.167	.276	<b>.364</b>	.235	.325	.346	<b>.270</b>								
KA	I	<b>.337</b>	.138	.251	.207	<b>.543</b>	.407	.516	.523	<b>.157</b>	.239	.285	.160				
	II	.380	<b>.204</b>	.314	.223	.432	<b>.255</b>	.361	.515	.195	<b>.210</b>	.310	.147				
	III	.392	.205	<b>.330</b>	.337	.591	.423	<b>.527</b>	.522	.242	.280	<b>.372</b>	.249				
	IV	.296	.149	.274	<b>.278</b>	.510	.360	.507	<b>.546</b>	.257	.286	.345	<b>.229</b>				
MZK	I	<b>.427</b>	.489	.497	.434	<b>.315</b>	.128	.228	.398	<b>.253</b>	.255	.314	.209	<b>.239</b>	.232	.271	.241
	II	.364	<b>.586</b>	.500	.579	.274	<b>.343</b>	.279	.416	.267	<b>.263</b>	.283	.231	.275	<b>.278</b>	.279	.303
	III	.390	.439	<b>.604</b>	.477	.311	.225	<b>.309</b>	.411	.209	.225	<b>.280</b>	.202	.322	.321	<b>.306</b>	.317
	IV	.345	.505	.400	<b>.549</b>	.254	.206	.179	<b>.423</b>	.262	.243	.269	<b>.260</b>	.133	.205	.249	<b>.281</b>
PUZZ	I	<b>.485</b>	.566	.461	.472	<b>.371</b>	.230	.258	.298	<b>.131</b>	.192	.193	.112	<b>.305</b>	.310	.347	.266
	II	.350	<b>.578</b>	.416	.465	.335	<b>.309</b>	.292	.288	.259	<b>.353</b>	.311	.297	.306	<b>.241</b>	.357	.278
	III	.450	.488	<b>.539</b>	.437	.286	.105	<b>.242</b>	.219	.151	.184	<b>.202</b>	.119	.318	.346	<b>.283</b>	.259
	IV	.299	.560	.339	<b>.529</b>	.340	.244	.266	<b>.343</b>	.252	.217	.247	<b>.257</b>	.160	.193	.235	<b>.213</b>
SIMB	I	<b>.217</b>	.188	.358	.355	<b>.261</b>	.123	.254	.196	<b>.238</b>	.184	.268	.185	<b>.213</b>	.172	.162	.104
	II	.285	<b>.256</b>	.405	.444	.214	<b>.230</b>	.251	.230	.307	<b>.304</b>	.362	.295	.116	<b>.166</b>	.211	.137
	III	.294	.192	<b>.299</b>	.356	.152	.039	<b>.237</b>	.113	.261	.226	<b>.306</b>	.220	.116	.138	<b>.154</b>	.158
	IV	.213	.217	.303	<b>.380</b>	.174	.143	.203	<b>.269</b>	.297	.296	.382	<b>.328</b>	.011	.097	.103	<b>.126</b>
PTRG	I	<b>.075</b>	-.046	.061	.022	<b>.065</b>	-.147	.023	-.101	<b>.025</b>	.037	.043	-.027	<b>-.045</b>	-.134	.016	-.056
	II	.196	<b>.172</b>	.244	.303	.191	<b>.229</b>	.229	.085	.353	<b>.365</b>	.327	.332	.049	<b>-.080</b>	.167	.127
	III	.094	-.142	<b>.172</b>	.114	.038	-.123	<b>.062</b>	-.075	-.003	-.019	<b>-.006</b>	-.028	-.064	-.063	<b>-.017</b>	-.058
	IV	.189	.166	.099	<b>.289</b>	.068	-.011	.084	<b>.035</b>	.245	.207	.188	<b>.201</b>	-.094	-.105	-.006	<b>.068</b>

Napomena. MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; Korelacije niže od .215 nisu statistički značajne. Korelacije različitih testova unutar istih formi nalaze se na glavnim dijagonalama (označene masnim slovima). Vandijagonalni elementi predstavljaju korelacije testova kroz različite forme.

Tabela C1

Korelacije testova unutar istih i kroz različite forme ( $N = 84$ ) (nastavak)

		MZK				PUZZ				SMBL			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
PUZZ	I	<b>.629</b>	.484	.473	.348								
	II	.402	<b>.690</b>	.418	.531								
	III	.544	.520	<b>.659</b>	.383								
	IV	.427	.603	.445	<b>.709</b>								
SIMB	I	<b>.447</b>	.258	.312	.132	<b>.473</b>	.305	.485	.261				
	II	.294	<b>.503</b>	.331	.345	.414	<b>.540</b>	.423	.412				
	III	.368	.330	<b>.411</b>	.370	.423	.347	<b>.492</b>	.371				
	IV	.230	.226	.187	<b>.417</b>	.332	.370	.300	<b>.431</b>				
PTRG	I	<b>.207</b>	-.146	-.146	-.276	<b>.273</b>	.002	.093	-.084	<b>.384</b>	.174	.314	.206
	II	.182	<b>.270</b>	.059	.125	.191	<b>.352</b>	.127	.237	.198	<b>.377</b>	.276	.289
	III	.013	-.096	<b>.114</b>	-.084	.124	-.062	<b>.212</b>	.000	.208	.146	<b>.346</b>	.198
	IV	.027	.050	-.046	<b>.320</b>	.132	.172	.064	<b>.311</b>	.110	.235	.327	<b>.491</b>

Napomena. MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalice; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; Korelacije niže od .215 nisu statistički značajne. Korelacije različitih testova unutar istih formi nalaze se na glavnim dijagonalama (označene masnim slovima). Vandijagonalni elementi predstavljaju korelacije testova kroz različite forme.

## 7.4 Prilog D

Tabela D1

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije A forme testa Matrica*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
mtrx1_01	.5666	.3347	.5658	.5260	5.41
mtrx1_02	.1593	.1402	.1107	.2192	4.95
mtrx1_03	.5296	.2651	.3597	.3336	7.71
mtrx1_04	.4751	.1647	.3398	.3039	7.24
mtrx1_05	.2046	.1856	.2109	.3115	19.07
mtrx1_06	.7072	.2240	.5704	.4577	19.20
mtrx1_07	.6313	.1958	.4910	.4364	19.56
mtrx1_08	.3859	.2366	.3751	.3960	26.46
mtrx1_09	.3742	.2112	.3900	.3768	29.90
mtrx1_10	.3178	.2143	.2423	.2870	26.35
mtrx1_11	.4208	.2410	.3908	.3859	15.12
mtrx1_12	.6964	.2164	.5529	.4902	19.68
mtrx1_13	.4099	.2201	.3004	.3363	21.58
mtrx1_14	.5640	.2222	.5046	.4683	21.66
mtrx1_15	-.0752	.1122	.0820	.1513	20.93
mtrx1_16	-.0194	.1042	.0994	.2702	19.14

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotellingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D2

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije B forme testa Matrica*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
mtrx2_01	.5515	.1498	.3170	.3219	7.82
mtrx2_02	.5239	.1826	.2770	.2835	8.88
mtrx2_03	.2228	.2400	.1301	.2050	15.11
mtrx2_04	.7570	.2484	.5983	.5243	11.48
mtrx2_05	.6448	.3340	.5602	.4547	14.04
mtrx2_06	.7026	.2150	.5322	.4527	15.61
mtrx2_07	.6048	.1235	.3759	.3967	19.25
mtrx2_08	.7144	.2146	.5616	.5326	20.89
mtrx2_09	.7342	.1035	.3548	.4032	15.38
mtrx2_10	.5452	.1139	.3367	.3233	26.65
mtrx2_11	.7293	.1538	.4487	.4204	26.74
mtrx2_12	.7164	.0725	.3075	.3636	23.96
mtrx2_13	.5461	.1724	.4195	.4104	23.40
mtrx2_14	.4117	.1582	.3058	.3871	24.51
mtrx2_15	.1612	.2422	.0274	.1656	20.23
mtrx2_16	.3684	.1216	.2252	.3206	15.37

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotellingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D3

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije C forme testa Matrica*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
mtrx3_01	-.0801	.1366	.0607	.1699	4.65
mtrx3_02	.4447	.1780	.3404	.3014	8.01
mtrx3_03	.3331	.2670	.3027	.3468	17.41
mtrx3_04	.7761	.2808	.6188	.4616	18.43
mtrx3_05	.7226	.4066	.6820	.4983	17.27
mtrx3_06	.6756	.2753	.5356	.5147	21.06
mtrx3_07	.6897	.2918	.5855	.4949	19.76
mtrx3_08	.7118	.2527	.5164	.4234	16.77
mtrx3_09	.2929	.2112	.3377	.3654	25.74
mtrx3_10	.5974	.1175	.3083	.3337	22.11
mtrx3_11	.4142	.2369	.4271	.4745	20.61
mtrx3_12	.2393	.2682	.3208	.4191	17.93
mtrx3_13	.1119	.1224	.1896	.3172	16.87
mtrx3_14	.1945	.1257	.0887	.1653	19.97
mtrx3_15	.1020	.0953	.0624	.2325	19.03
mtrx3_16	.6786	.1922	.4659	-.1066	17.94

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D4

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije D forme testa Matrica*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
mtrx4_01	.6252	.2484	.4355	.4590	8.01
mtrx4_02	.8296	.2062	.4844	.4674	10.00
mtrx4_03	.8448	.3290	.6354	.5647	16.29
mtrx4_04	.8444	.2824	.5519	.4962	17.18
mtrx4_05	.7519	.2423	.4720	.4989	8.57
mtrx4_06	.8325	.3436	.6512	.5863	19.93
mtrx4_07	.6776	.1256	.3538	.3936	25.99
mtrx4_08	.7289	.3076	.4519	.3648	21.68
mtrx4_09	.8568	.3453	.6500	.5514	30.43
mtrx4_10	.8262	.2925	.5889	.5097	22.15
mtrx4_11	-.0953	.1710	.0817	.2347	21.29
mtrx4_12	.7289	.2055	.4110	.4523	24.06
mtrx4_13	.4297	.2139	.1712	.2981	19.65
mtrx4_14	.6114	.2445	.3831	.4600	19.44
mtrx4_15	.0741	.1231	.0394	.1809	17.95
mtrx4_16	.1144	.1614	.0461	.1285	16.35

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D5

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije A forme testa Fluidnih analogija*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
fall_01	.4703	.2776	.2487	.2578	6.89
fall_02	.4705	.3246	.2010	.2478	5.00
fall_03	.7756	.2643	.3381	.3369	9.04
fall_04	.6039	.3064	.2341	.2599	7.27
fall_05	.8318	.4469	.5517	.4772	9.14
fall_06	.8449	.4572	.5220	.4495	8.79
fall_07	.8105	.4769	.4389	.4510	8.97
fall_08	.5503	.3256	.2255	.2899	9.81
fall_09	.4459	.2740	.2303	.2748	12.22
fall_10	.7089	.4292	.3322	.3070	9.86
fall_11	.3634	.2838	.1151	.1846	9.81
fall_12	.8069	.3565	.4962	.4428	8.24
fall_13	.6624	.4625	.4268	.4191	8.58
fall_14	.6723	.3333	.3771	.3705	8.02
fall_15	.4515	.3933	.2053	.2298	12.12
fall_16	.6971	.3725	.3272	.3567	13.32
fall_17	.8002	.3754	.4159	.4272	11.91
fall_18	.3911	.2227	.1072	.1888	10.76
fall_19	.7284	.2569	.3456	.3362	10.46
fall_20	.8798	.4573	.6094	.5455	10.45
fall_21	.8417	.3873	.5365	.4847	9.13
fall_22	.7664	.2447	.3852	.3698	9.51
fall_23	.8055	.3840	.5201	.4911	9.68
fall_24	.4124	.3392	.2448	.2731	8.06
fall_25	.6856	.3381	.4027	.4218	9.70
fall_26	.7815	.3363	.4512	.4284	8.14
fall_27	.7225	.4297	.2778	.2997	8.34
fall_28	.7474	.3872	.1862	.2602	8.91
fall_29	.5076	.2091	.0478	.1554	7.33
fall_30	.7426	.3686	.3511	.3607	7.83
fall_31	.7494	.3264	.3629	.3617	8.94

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D6

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije B forme testa Fluidnih analogija*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
fal2_01	.7898	.3754	.3898	.4002	4.43
fal2_02	.7037	.4003	.2860	.3045	5.51
fal2_03	.7600	.4956	.4225	.3807	6.62
fal2_04	.5006	.2572	.1761	.2072	7.16
fal2_05	.7911	.3947	.3842	.3843	11.47
fal2_06	.8167	.3745	.3318	.3392	10.20
fal2_07	.9008	.4902	.5853	.5543	9.45
fal2_08	.7442	.3957	.3464	.3665	11.52
fal2_09	.7589	.4176	.4190	.4139	9.15
fal2_10	.8901	.5219	.5714	.5106	8.16
fal2_11	.9078	.4144	.5105	.4736	9.72
fal2_12	.8685	.4307	.5027	.4670	9.23
fal2_13	.8280	.3779	.4492	.4232	9.44
fal2_14	.8522	.4392	.5195	.4885	10.52
fal2_15	.7577	.2307	.3157	.3303	10.15
fal2_16	.7841	.4872	.4467	.4238	11.82
fal2_17	.6311	.3210	.3190	.3406	11.48
fal2_18	.7260	.3272	.2305	.2281	8.67
fal2_19	.6985	.2998	.2955	.3197	12.65
fal2_20	.8603	.3153	.4782	.4636	11.22
fal2_21	.6583	.2710	.2542	.2904	13.46
fal2_22	.8329	.3903	.3872	.4063	13.24
fal2_23	.8726	.4299	.4553	.4423	9.53
fal2_24	.7902	.3830	.3226	.3519	10.72
fal2_25	.9103	.4155	.4270	.4351	9.71
fal2_26	.8371	.4168	.4198	.4398	7.34
fal2_27	.8135	.5094	.4805	.4835	8.30
fal2_28	.8629	.4302	.3430	.3854	8.35
fal2_29	.6195	.4025	.2658	.2784	9.06
fal2_30	.8152	.3738	.3375	.3582	8.71
fal2_31	.7556	.4133	.1052	.1954	9.77

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D7

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije C forme testa Fluidnih analogija*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
fal3_01	.7032	.3323	.3298	.3505	5.65
fal3_02	.1893	.3757	.1616	.2156	5.81
fal3_03	.7320	.3576	.3938	.3647	6.83
fal3_04	.6075	.3545	.2024	.2467	9.34
fal3_05	.7191	.4064	.3782	.3445	11.33
fal3_06	.2479	.3459	.0251	.1258	9.95
fal3_07	.5143	.3861	.2877	.3311	10.61
fal3_08	.6246	.3300	.2729	.2897	10.64
fal3_09	.7195	.3503	.3978	.3957	9.66
fal3_10	.6269	.3514	.3009	.2957	8.28
fal3_11	.6642	.3873	.3534	.3874	12.19
fal3_12	.6820	.3339	.2706	.3246	10.90
fal3_13	.7640	.4149	.4639	.4589	9.71
fal3_14	.3025	.2771	.1706	.2309	10.78
fal3_15	.6672	.3816	.3808	.3875	11.13
fal3_16	.6330	.3507	.4004	.3621	10.14
fal3_17	.7252	.2877	.3304	.3359	9.74
fal3_18	.4389	.2705	.1259	.2020	10.26
fal3_19	.3063	.3395	.1640	.2223	10.44
fal3_20	.3759	.2662	.1888	.2540	11.88
fal3_21	.7728	.3190	.4672	.4551	10.97
fal3_22	.8598	.5285	.6472	.5461	10.02
fal3_23	.8786	.4684	.6572	.5908	7.87
fal3_24	.7390	.2897	.3629	.3521	9.39
fal3_25	.7801	.4179	.5197	.4862	8.65
fal3_26	.6409	.3727	.4142	.3867	9.99
fal3_27	.2563	.2634	.2066	.2243	10.11
fal3_28	.7866	.3326	.4146	.4150	8.22
fal3_29	.7533	.4093	.4542	.3871	7.32
fal3_30	.5033	.2976	.1726	.2184	7.93
fal3_31	.6404	.2822	.2809	.2655	10.40

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama



Tabela D8

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije D forme testa Fluidnih analogija*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
fal4_01	.5395	.2399	.1955	.2560	5.80
fal4_02	.5142	.2619	.0136	.0884	5.66
fal4_03	.7482	.2689	.2606	.2962	7.34
fal4_04	.6253	.3482	.2560	.3105	6.58
fal4_05	.4283	.2377	.0645	.1580	9.19
fal4_06	.7690	.2990	.3334	.3371	9.52
fal4_07	.8209	.4390	.5485	.4974	6.69
fal4_08	.7024	.3264	.2864	.3088	8.19
fal4_09	.6851	.3482	.3914	.3692	10.05
fal4_10	.7690	.4278	.4511	.4128	9.40
fal4_11	.6457	.4351	.3663	.3662	9.23
fal4_12	.5288	.2588	.1955	.2458	9.46
fal4_13	.6668	.2694	.2841	.3219	8.52
fal4_14	.6548	.2978	.3105	.3609	10.15
fal4_15	.8517	.3221	.4979	.4700	12.16
fal4_16	.4729	.1394	.1542	.2141	10.92
fal4_17	.7588	.3441	.3752	.3453	10.72
fal4_18	.7454	.3702	.3582	.3600	10.03
fal4_19	.7142	.3427	.3405	.3590	10.70
fal4_20	.7965	.2865	.4348	.4246	10.33
fal4_21	.8215	.3335	.5025	.4582	10.05
fal4_22	.8064	.2854	.4371	.4127	10.18
fal4_23	.6812	.3197	.3034	.2891	10.03
fal4_24	.8650	.2707	.4887	.4435	9.72
fal4_25	.8613	.3769	.5579	.5108	9.14
fal4_26	.8135	.4054	.4752	.4375	9.17
fal4_27	.8188	.3506	.4791	.4625	10.28
fal4_28	.7480	.3265	.3644	.3729	11.03
fal4_29	.6805	.3335	.2526	.2479	7.87
fal4_30	.6842	.3539	.3182	.3175	9.96
fal4_31	.5881	.3502	.1168	.1623	10.59

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D9

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije A forme testa Kristalizovanih asocijacija*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
kal_01	.5561	.2707	.2581	.2898	4.37
kal_02	.1419	.3966	.2032	.2400	3.91
kal_03	.6574	.3216	.2792	.3465	5.21
kal_04	.4022	.3318	.1027	.0213	6.43
kal_05	.8157	.6356	.5971	.5190	5.59
kal_06	.7757	.2447	.3399	.3262	6.52
kal_07	.8280	.4451	.5055	.4414	6.85
kal_08	.7041	.4360	.4168	.3771	7.19
kal_09	.7604	.2400	.3298	.3358	6.52
kal_10	.7020	.4352	.3874	.3818	7.59
kal_11	.8074	.5369	.5411	.4665	6.07
kal_12	.7902	.3387	.4467	.4245	6.52
kal_13	.3802	.5065	.2336	.2772	6.40
kal_14	.8173	.4892	.5863	.5176	7.91
kal_15	.5013	.2862	.3304	.3340	7.40
kal_16	.8488	.4912	.5357	.4488	8.11
kal_17	.5626	.4226	.3410	.3240	8.28
kal_18	.5549	.3243	.2716	.3085	7.42
kal_19	.6411	.3425	.3487	.3433	7.88
kal_20	.9043	.4534	.5706	.4854	7.55
kal_21	.5061	.3215	.2729	.3195	6.88
kal_22	.5242	.2266	.2013	.2540	11.24
kal_23	.2874	.2322	.1786	.2370	6.28
kal_24	.7450	.3267	.3129	.3603	6.10
kal_25	.6463	.4111	.2756	.3520	6.82
kal_26	.5801	.3113	.2500	.2576	8.84
kal_27	.7993	.4297	.5304	.5104	8.48
kal_28	.7294	.3832	.3835	.4242	6.71
kal_29	.5124	.3475	.1621	.2451	5.93
kal_30	.8536	.4092	.4369	.4393	8.31
kal_31	.5412	.2671	.0926	.1904	6.26
kal_32	.6758	.2678	.2708	.3301	7.11

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D10

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije B forme testa Kristalizovanih asocijacija*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
ka2_01	.2837	.3106	.1679	.2056	3.89
ka2_02	.6617	.2475	.2935	.3107	4.92
ka2_03	.3095	.3468	.0448	.0771	5.04
ka2_04	.4153	.2581	.2020	.2487	4.66
ka2_05	.4196	.3533	.2229	.2406	6.01
ka2_06	.5062	.2346	.2252	.2456	6.03
ka2_07	.5245	.3606	.1743	.2409	6.73
ka2_08	.1599	.2909	.1979	.2444	6.89
ka2_09	.4674	.4031	.2188	.2683	7.04
ka2_10	.7558	.4431	.4859	.4569	6.17
ka2_11	.3978	.3465	.2090	.2712	7.25
ka2_12	.7200	.4550	.4855	.4702	7.40
ka2_13	.4235	.2350	.2501	.2581	5.74
ka2_14	.8145	.4985	.5679	.5249	7.83
ka2_15	.7069	.3076	.2605	.2960	8.60
ka2_16	.6993	.3966	.4704	.4646	7.46
ka2_17	.8297	.4338	.5259	.5080	6.37
ka2_18	.4046	.2101	.1872	.2409	5.94
ka2_19	.7244	.3376	.3212	.3047	8.27
ka2_20	.7325	.3592	.4557	.4130	6.68
ka2_21	.7805	.3987	.5030	.5094	7.16
ka2_22	.7231	.3391	.4159	.3871	5.32
ka2_23	.7237	.4047	.4347	.4113	8.46
ka2_24	.8057	.3498	.4376	.4515	6.29
ka2_25	.7633	.5093	.4197	.3785	6.51
ka2_26	.6462	.4002	.3939	.3403	7.13
ka2_27	.4213	.3445	.2672	.2993	6.15
ka2_28	.8108	.4762	.5398	.4860	7.84
ka2_29	.6490	.2890	.3446	.3590	7.23
ka2_30	.8320	.3561	.5154	.4783	5.78
ka2_31	.7972	.3693	.4538	.4202	5.72
ka2_32	.6563	.2949	.3124	.3297	6.64

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D11

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije C forme testa Kristalizovanih asocijacija*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
ka3_01	.5145	.3418	.2679	.2795	3.84
ka3_02	.6591	.3223	.2995	.3216	4.15
ka3_03	.6072	.2424	.2266	.2646	5.07
ka3_04	.7358	.3641	.3991	.3868	4.72
ka3_05	.7557	.3687	.4347	.4139	6.40
ka3_06	.5826	.2955	.3058	.3136	6.80
ka3_07	.7377	.3052	.4078	.3701	7.73
ka3_08	.6301	.3435	.3606	.3637	6.30
ka3_09	-.0278	.2949	.0025	.1034	7.15
ka3_10	.7754	.3206	.3964	.3691	8.15
ka3_11	.7562	.3729	.4256	.3894	6.55
ka3_12	.7934	.2520	.4529	.4267	6.85
ka3_13	.4659	.3321	.3172	.3256	6.96
ka3_14	.7365	.3225	.4295	.4086	7.68
ka3_15	.7253	.2694	.3949	.3860	6.59
ka3_16	.6571	.2210	.2348	.2710	8.05
ka3_17	.8082	.3068	.4765	.4493	8.92
ka3_18	.4382	.3387	.2018	.2412	6.81
ka3_19	.7200	.2993	.3957	.3963	6.70
ka3_20	.5983	.3273	.2317	.2422	6.20
ka3_21	.7710	.2461	.3841	.3566	5.48
ka3_22	.6623	.2840	.3639	.3521	6.79
ka3_23	.7382	.3988	.4783	.4572	6.73
ka3_24	.5626	.3062	.3397	.3464	7.63
ka3_25	.7369	.3093	.4518	.4484	7.70
ka3_26	.7632	.2838	.3761	.3876	8.51
ka3_27	.6504	.2810	.3542	.3602	6.81
ka3_28	.4978	.3517	.3346	.3578	7.95
ka3_29	.6975	.3659	.2466	.2785	6.91
ka3_30	.6681	.3495	.3449	.3523	6.13
ka3_31	.6312	.2588	.3665	.3569	7.00
ka3_32	.4999	.2447	.1830	.2291	7.85

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D12

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije D forme testa Kristalizovanih asocijacija*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme</i>
ka4_01	.8505	.5031	.4564	.4464	3.78
ka4_02	.2897	.2389	.0275	.1137	4.96
ka4_03	.7771	.5038	.3424	.3534	4.37
ka4_04	.2617	.2682	.0278	.0905	4.25
ka4_05	.5355	.4142	.2981	.3184	6.74
ka4_06	.8567	.3448	.4421	.4184	6.44
ka4_07	.6557	.3519	.2600	.2859	6.09
ka4_08	.6032	.2814	.2229	.2890	7.39
ka4_09	.8000	.2992	.3518	.3542	6.69
ka4_10	.8427	.3885	.4776	.4661	7.76
ka4_11	.8566	.4178	.4768	.4620	6.88
ka4_12	.9127	.4845	.5866	.5664	6.07
ka4_13	.9333	.4365	.6239	.5908	8.14
ka4_14	.9007	.4919	.5809	.5546	5.30
ka4_15	.8878	.5065	.5935	.5583	7.99
ka4_16	.6571	.3355	.2813	.3105	10.12
ka4_17	.6172	.3788	.2312	.2577	7.67
ka4_18	.8229	.3520	.4359	.4346	6.69
ka4_19	.7396	.3223	.2944	.3095	10.73
ka4_20	.7935	.3611	.4122	.4185	7.10
ka4_21	.8468	.2839	.3859	.3873	8.58
ka4_22	.7391	.3996	.3777	.3727	5.87
ka4_23	.8892	.4960	.5810	.5623	6.82
ka4_24	.8874	.3531	.4963	.4754	5.13
ka4_25	.8460	.3862	.4510	.4324	9.42
ka4_26	.7176	.3340	.3792	.3934	7.22
ka4_27	.8708	.3666	.4948	.4809	10.46
ka4_28	.8594	.4107	.4862	.4658	6.81
ka4_29	.5482	.3258	.2529	.2865	7.12
ka4_30	.7530	.3256	.3549	.3453	7.34
ka4_31	.7394	.4749	.3932	.4132	6.68
ka4_32	.6787	.3115	.2929	.3051	5.31

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D13

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije A forme testa Mozaik*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
mzk1_01	.8767	.3220	.3411	.3430	10.55
mzk1_02	.9065	.5004	.4010	.4064	9.66
mzk1_03	.9060	.4229	.3667	.3661	11.36
mzk1_04	.8624	.4264	.3944	.4174	11.33
mzk1_05	.9557	.5663	.5525	.5287	10.64
mzk1_06	.9353	.3748	.3979	.3829	13.43
mzk1_07	.9465	.4409	.3924	.4082	15.14
mzk1_08	.9545	.4402	.5033	.5105	15.67
mzk1_09	.9656	.5355	.5375	.5217	13.43
mzk1_10	.9804	.7077	.7259	.6911	16.26
mzk1_11	.8964	.3497	.3047	.3300	12.64
mzk1_12	.9609	.5255	.5728	.5526	10.14
mzk1_13	.9662	.4561	.5344	.5144	17.33
mzk1_14	.9316	.3558	.4673	.4749	13.68
mzk1_15	.9761	.5123	.6273	.6073	16.99
mzk1_16	.9125	.4230	.4293	.4305	13.66
mzk1_17	.9416	.5503	.5684	.5574	17.50
mzk1_18	.9786	.5580	.6545	.6199	14.67
mzk1_19	.9584	.3748	.4955	.4941	16.34
mzk1_20	.9168	.5252	.4950	.4903	18.40
mzk1_21	.9627	.4622	.5797	.5761	14.65
mzk1_22	.9671	.3847	.5114	.5079	14.15
mzk1_23	.9604	.5564	.5254	.5308	15.55
mzk1_24	.9741	.6821	.6877	.6665	12.94
mzk1_25	.9448	.4751	.4882	.4859	14.76
mzk1_26	.9838	.6533	.7197	.7149	13.85
mzk1_27	.9749	.7660	.6611	.6616	13.75
mzk1_28	.9698	.6462	.5632	.5416	13.85
mzk1_29	.9642	.6824	.5614	.5599	10.22
mzk1_30	.9203	.4950	.3436	.3487	9.73
mzk1_31	.9424	.5216	.3871	.4306	14.12
mzk1_32	.9486	.6028	.4953	.5330	12.51
mzk1_33	.8426	.5776	.1467	.2273	9.77
mzk1_34	.7796	.4637	.1387	-.0466	11.77
mzk1_35	.8360	.3372	.2225	.2684	7.68

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D14

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije B forme testa Mozaik*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
mzk2_01	.9037	.4846	.3882	.4243	10.40
mzk2_02	.9103	.3995	.3500	.3871	8.10
mzk2_03	.9102	.4965	.4062	.4392	13.99
mzk2_04	.9395	.4337	.4185	.4375	11.04
mzk2_05	.9554	.6138	.4960	.5025	12.79
mzk2_06	.9620	.4372	.5033	.5041	14.79
mzk2_07	.9504	.3837	.4529	.4635	15.60
mzk2_08	.9618	.5207	.5580	.5500	16.37
mzk2_09	.9713	.5309	.5532	.5573	13.41
mzk2_10	.9770	.6781	.6384	.6214	15.49
mzk2_11	.8657	.2936	.2574	.2629	12.53
mzk2_12	.9836	.6693	.7060	.6852	12.81
mzk2_13	.8041	.5093	.3299	.3504	15.85
mzk2_14	.9653	.5039	.5418	.5244	12.26
mzk2_15	.9589	.4906	.4663	.4421	18.28
mzk2_16	.9404	.4904	.4824	.4957	15.05
mzk2_17	.9235	.3902	.4187	.4245	18.69
mzk2_18	.9579	.6336	.6055	.5902	13.74
mzk2_19	.9255	.5089	.4935	.4853	16.26
mzk2_20	.9520	.5119	.4886	.4923	16.96
mzk2_21	.9677	.5306	.5766	.5778	13.88
mzk2_22	.9311	.4736	.4377	.4451	13.75
mzk2_23	.9823	.6962	.7128	.6759	14.90
mzk2_24	.9785	.7446	.6941	.6528	11.10
mzk2_25	.9782	.7171	.6798	.6582	13.56
mzk2_26	.9788	.6997	.6890	.6695	12.13
mzk2_27	.9830	.7225	.6912	.6609	12.43
mzk2_28	.9795	.6499	.5874	.5812	13.30
mzk2_29	.9765	.6713	.5259	.5352	11.63
mzk2_30	.9772	.5151	.5349	.5262	10.11
mzk2_31	.9737	.6612	.5742	.5809	12.37
mzk2_32	.9320	.5010	.3860	.3949	12.82
mzk2_33	.9280	.4594	.2996	.3403	11.65
mzk2_34	.5509	.4628	.0088	.0686	11.92
mzk2_35	.2989	.3802	.0739	-.0064	9.21

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D15

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije C forme testa Mozaik*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
mzk3_01	.9535	.4654	.4998	.4788	9.96
mzk3_02	.9678	.5440	.6162	.6008	9.96
mzk3_03	.9339	.5095	.4470	.4311	11.42
mzk3_04	.9649	.5549	.5797	.5467	10.18
mzk3_05	.9838	.5925	.6527	.6127	10.84
mzk3_06	.9484	.4612	.4562	.4461	12.84
mzk3_07	.9800	.5587	.5988	.5655	13.52
mzk3_08	.9650	.6026	.5738	.5572	12.96
mzk3_09	.9547	.4445	.5217	.5169	13.33
mzk3_10	.9801	.6570	.6867	.6479	14.82
mzk3_11	.9378	.3342	.4131	.3958	11.00
mzk3_12	.9774	.6668	.7254	.6917	10.06
mzk3_13	.9630	.4886	.5217	.4927	14.24
mzk3_14	.9758	.4779	.5915	.5710	12.53
mzk3_15	.9730	.6420	.6675	.6278	14.11
mzk3_16	.9579	.5125	.4840	.4776	14.69
mzk3_17	.9324	.5188	.5068	.4886	17.48
mzk3_18	.9720	.5950	.6591	.6378	14.35
mzk3_19	.9759	.5635	.6240	.5931	15.32
mzk3_20	.9643	.4582	.5221	.4981	16.39
mzk3_21	.9493	.4894	.5078	.5081	14.01
mzk3_22	.9561	.3781	.4439	.4658	13.04
mzk3_23	.9810	.6108	.6730	.6485	14.35
mzk3_24	.9675	.5328	.5828	.5876	11.77
mzk3_25	.9857	.6509	.6997	.7074	13.37
mzk3_26	.9762	.6171	.6138	.6369	13.83
mzk3_27	.9679	.6792	.5244	.5601	11.77
mzk3_28	.9658	.5407	.4491	.4888	13.77
mzk3_29	.9687	.7046	.5222	.5810	10.58
mzk3_30	.9308	.4484	.3274	.3999	9.41
mzk3_31	.9269	.4773	.1752	.2620	11.04
mzk3_32	.9279	.4664	.2861	.3617	9.27
mzk3_33	.8706	.3521	.1664	.2465	9.39
mzk3_34	.8281	.4147	.0520	.1423	9.24
mzk3_35	.8725	.3743	.1948	.2773	9.65

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama



Tabela D16

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije D forme testa Mozaik*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
mzk4_01	.8855	.3456	.3396	.3585	9.99
mzk4_02	.9523	.6822	.5568	.5392	9.50
mzk4_03	.9476	.5214	.4748	.4600	13.70
mzk4_04	.9303	.4483	.4113	.3988	11.73
mzk4_05	.9736	.5747	.5951	.5655	14.92
mzk4_06	.9615	.4364	.5204	.4915	16.83
mzk4_07	.9063	.4742	.4262	.4165	14.13
mzk4_08	.9528	.5159	.5753	.5663	15.60
mzk4_09	.9571	.5067	.5539	.5348	14.26
mzk4_10	.9654	.6805	.6501	.6236	13.64
mzk4_11	.9284	.4003	.4470	.4441	13.71
mzk4_12	.9611	.5171	.5459	.5258	10.97
mzk4_13	.9544	.4834	.5196	.5150	12.95
mzk4_14	.9260	.4715	.4919	.4854	14.49
mzk4_15	.9323	.5182	.5195	.5244	16.14
mzk4_16	.9472	.5147	.5464	.5346	14.48
mzk4_17	.9476	.5110	.5780	.5587	20.55
mzk4_18	.9115	.4487	.4388	.4430	13.72
mzk4_19	.9608	.3931	.5300	.5146	15.19
mzk4_20	.9605	.5357	.6070	.5972	16.27
mzk4_21	.9285	.4655	.4250	.4258	14.12
mzk4_22	.9368	.3655	.3814	.3992	13.00
mzk4_23	.9677	.5432	.6220	.6274	15.75
mzk4_24	.9706	.5624	.5972	.5987	10.44
mzk4_25	.9542	.5863	.5566	.5663	12.53
mzk4_26	.9770	.6400	.6612	.6770	14.43
mzk4_27	.9689	.5187	.5465	.5359	12.90
mzk4_28	.9643	.6625	.5871	.5970	15.05
mzk4_29	.9501	.6683	.5075	.5312	12.34
mzk4_30	.9632	.6030	.5419	.5500	9.41
mzk4_31	.9066	.4958	.3452	.3674	13.88
mzk4_32	.9506	.6237	.5259	.5494	10.66
mzk4_33	.8796	.4374	.2492	.3121	10.82
mzk4_34	.8157	.3929	.1681	-.0705	9.86
mzk4_35	.6286	.3714	.1519	-.0581	8.88

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D17

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije A forme testa Slagalice*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
puzz1_01	.7347	.4782	.2852	.2923	9.60
puzz1_02	.5250	.2811	.1690	.2322	9.89
puzz1_03	.8533	.3834	.3224	.3253	10.12
puzz1_04	.8407	.4330	.4208	.3851	10.60
puzz1_05	.8404	.3290	.3751	.3528	11.11
puzz1_06	.7725	.2645	.2596	.2898	12.75
puzz1_07	.8313	.3946	.4210	.4126	11.24
puzz1_08	.8865	.3953	.4944	.4615	11.56
puzz1_09	.8043	.3615	.3735	.3650	13.48
puzz1_10	.8945	.4359	.4142	.3656	13.40
puzz1_11	.9247	.4912	.5372	.4788	14.87
puzz1_12	.9057	.4916	.5133	.4638	14.13
puzz1_13	.8060	.4248	.4406	.4301	13.07
puzz1_14	.8769	.4962	.4323	.3956	13.14
puzz1_15	.8816	.4691	.4633	.4505	12.38
puzz1_16	.7880	.4877	.4096	.3695	13.78
puzz1_17	.8229	.4675	.2979	.2793	12.73
puzz1_18	.8296	.4655	.3834	.3538	13.61
puzz1_19	.8208	.5534	.4700	.4229	15.86
puzz1_20	.8936	.4169	.5083	.4617	13.20
puzz1_21	.8475	.4747	.4590	.4245	17.58
puzz1_22	.9325	.4670	.6171	.5723	15.08
puzz1_23	.9270	.4811	.6025	.5565	11.80
puzz1_24	.8075	.3678	.3836	.3950	13.16
puzz1_25	.8753	.3167	.3780	.3876	12.14
puzz1_26	.8495	.4585	.4096	.3940	11.64
puzz1_27	.9051	.5178	.4569	.4633	11.73
puzz1_28	.9115	.5406	.4890	.5098	13.77
puzz1_29	.8443	.4839	.2592	.3405	16.07
puzz1_30	.7921	.4519	.2772	.3465	10.08
puzz1_31	.6599	.4286	.1641	.2416	9.76
puzz1_32	.9110	.4973	.1953	.3148	9.88
puzz1_33	.8733	.5515	.1209	.2464	9.37
puzz1_34	.8893	.4079	.2729	.3631	10.56
puzz1_35	.8706	.5475	.2770	.3574	10.35
puzz1_36	.8099	.4761	.1272	.2488	10.99

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D18

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije B forme testa Slagalice*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
puzz2_01	.8344	.4560	.3909	.3848	9.51
puzz2_02	.8969	.5287	.4552	.4240	9.55
puzz2_03	.8948	.5627	.5199	.4689	12.82
puzz2_04	.8541	.3336	.3450	.3243	11.04
puzz2_05	.8507	.2893	.2478	.2248	9.35
puzz2_06	.8769	.5626	.4603	.4042	13.67
puzz2_07	.8314	.4797	.3584	.3541	11.48
puzz2_08	.9319	.4771	.5086	.4464	12.77
puzz2_09	.9352	.6611	.5494	.4662	14.15
puzz2_10	.9272	.6156	.5626	.5113	13.81
puzz2_11	.8765	.4615	.4717	.4294	15.70
puzz2_12	.9130	.4358	.5102	.4573	13.71
puzz2_13	.8755	.6005	.4408	.3827	12.48
puzz2_14	.8923	.5263	.4751	.4556	15.27
puzz2_15	.8303	.3795	.3833	.3787	10.91
puzz2_16	.9049	.3809	.4741	.4618	14.32
puzz2_17	.9276	.4432	.5354	.5290	14.31
puzz2_18	.8855	.5309	.4993	.4455	11.17
puzz2_19	.8837	.4554	.4660	.4364	13.00
puzz2_20	.8332	.4524	.4245	.4169	11.71
puzz2_21	.8343	.4055	.3316	.3427	17.60
puzz2_22	.9165	.4689	.4719	.4621	16.82
puzz2_23	.9272	.5658	.5493	.5222	12.32
puzz2_24	.9020	.4613	.4122	.3982	14.80
puzz2_25	.9335	.6097	.5446	.5535	12.74
puzz2_26	.9398	.5607	.5116	.4961	11.25
puzz2_27	.9119	.5980	.3153	.3800	13.49
puzz2_28	.9244	.5537	.3983	.4694	11.83
puzz2_29	.9014	.5004	.2930	.3839	15.23
puzz2_30	.8815	.5741	.0540	.1995	10.53
puzz2_31	.9189	.5311	.2339	.3481	11.35
puzz2_32	.8898	.5014	.2054	.3139	12.91
puzz2_33	.9190	.6292	.3643	.4712	10.06
puzz2_34	.9011	.4490	.3136	.3998	11.64
puzz2_35	.8523	.4296	.0569	.1739	12.58
puzz2_36	.8680	.4413	.0762	.2087	10.17

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D19

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije C forme testa Slagalica*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
puzz3_01	.7775	.4313	.2882	.2921	8.54
puzz3_02	.8755	.5774	.4523	.4451	7.85
puzz3_03	.7355	.5126	.3632	.3790	11.44
puzz3_04	.7481	.3146	.2636	.2823	11.27
puzz3_05	.5084	.4651	.2037	.2331	12.68
puzz3_06	.8822	.4388	.4262	.4149	12.32
puzz3_07	.9153	.4498	.5030	.5037	11.92
puzz3_08	.7549	.3889	.3101	.3121	11.73
puzz3_09	.6866	.4918	.2442	.2838	12.07
puzz3_10	.9165	.5589	.5097	.4944	12.25
puzz3_11	.7295	.3571	.2754	.2957	15.45
puzz3_12	.8292	.5739	.3945	.3883	14.70
puzz3_13	.7896	.5228	.4010	.4079	13.55
puzz3_14	.8115	.4167	.2843	.2979	13.24
puzz3_15	.9368	.4654	.5347	.5199	13.99
puzz3_16	.8057	.2757	.2721	.3026	13.72
puzz3_17	.8640	.4959	.4331	.4180	13.05
puzz3_18	.8110	.4533	.4015	.4060	14.06
puzz3_19	.9075	.4454	.5057	.4831	12.66
puzz3_20	.9367	.4186	.5349	.5181	11.44
puzz3_21	.8772	.5163	.5115	.4992	16.67
puzz3_22	.9429	.5129	.6096	.5764	12.19
puzz3_23	.8693	.5010	.4759	.4542	13.82
puzz3_24	.8914	.5974	.5527	.5053	13.21
puzz3_25	.8698	.4307	.4209	.3993	12.53
puzz3_26	.9509	.5011	.6081	.5717	11.71
puzz3_27	.8900	.4702	.4321	.4257	13.13
puzz3_28	.8962	.5490	.5090	.4892	12.96
puzz3_29	.9482	.4033	.4548	.4555	17.29
puzz3_30	.8718	.4852	.2626	.2939	10.77
puzz3_31	.7557	.4590	.3444	.3681	10.49
puzz3_32	.9017	.4699	.3499	.3831	11.05
puzz3_33	.8811	.4146	.3197	.3456	9.80
puzz3_34	.9067	.7491	.3843	.4205	9.84
puzz3_35	.8370	.5635	.2464	.2873	10.90
puzz3_36	.8645	.7039	.3206	.3465	11.32

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D20

*Psihometrijske karakteristike zadataka finalne verzije D forme testa Slagalica*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
puzz4_01	.7858	.5898	.3883	.3692	9.63
puzz4_02	.8359	.4353	.3547	.3720	9.06
puzz4_03	.6566	.3832	.2594	.2782	12.06
puzz4_04	.7915	.3612	.3376	.3318	12.48
puzz4_05	.6329	.3906	.2246	.2494	10.17
puzz4_06	.8757	.4402	.4313	.4195	13.71
puzz4_07	.9385	.4675	.5201	.5141	11.24
puzz4_08	.8489	.5178	.3977	.3877	11.74
puzz4_09	.9048	.4347	.3802	.3661	12.87
puzz4_10	.8553	.5073	.4005	.3976	12.22
puzz4_11	.8487	.3510	.3601	.3545	12.54
puzz4_12	.9228	.4989	.5046	.4770	12.59
puzz4_13	.8972	.4848	.4429	.4403	13.03
puzz4_14	.8953	.3761	.4765	.4646	15.27
puzz4_15	.8626	.4796	.3726	.3793	12.72
puzz4_16	.8606	.3590	.3863	.3849	13.72
puzz4_17	.6949	.3943	.2365	.2659	15.31
puzz4_18	.8368	.3639	.3916	.3897	10.93
puzz4_19	.9135	.5400	.5585	.5191	14.20
puzz4_20	.8946	.5799	.4890	.4461	11.18
puzz4_21	.8280	.4575	.4086	.4087	18.51
puzz4_22	.9342	.6297	.6318	.5862	15.81
puzz4_23	.7622	.4330	.3758	.3634	12.15
puzz4_24	.8663	.4393	.4097	.4047	12.95
puzz4_25	.9281	.5555	.5575	.5265	11.08
puzz4_26	.9187	.5455	.5029	.5053	11.95
puzz4_27	.8729	.5367	.5150	.5052	13.60
puzz4_28	.8838	.5849	.3814	.3930	14.15
puzz4_29	.9456	.4620	.3815	.3969	14.22
puzz4_30	.8615	.4142	.2988	.3048	9.92
puzz4_31	.7484	.5166	.2757	.3153	10.61
puzz4_32	.8863	.5088	.4466	.4707	11.64
puzz4_33	.8929	.5243	.4317	.4617	10.50
puzz4_34	.7970	.4864	.2847	.3273	10.49
puzz4_35	.8602	.4689	.2498	.3130	11.20
puzz4_36	.8217	.5765	.1247	.1993	12.61

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D21

*Psihometrijske karakteristike zadataka kratke forme Ravenovih matrica*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
RM_01	.8004	.5108	.4607	.4496	4.52
RM_02	.8073	.4908	.4177	.4085	4.90
RM_03	.7973	.2004	.3957	.3858	4.83
RM_04	.2121	.1538	.2064	.2648	5.07
RM_05	.8648	.1912	.5536	.5113	14.80
RM_06	.5999	.1058	.2151	.2661	10.09
RM_07	.6261	.0915	.2643	.3115	21.80
RM_08	.3148	.1633	.1559	.2431	8.83
RM_09	.5730	.1293	.2541	.2914	11.50
RM_10	.7462	.2084	.4864	.4575	12.81
RM_11	.7471	.2178	.4909	.4742	8.96
RM_12	.6485	.2148	.4124	.3922	18.27
RM_13	.7379	.2778	.4762	.4563	17.66
RM_14	.8068	.1900	.4985	.4588	32.21
RM_15	.7954	.1359	.4227	.4043	24.37
RM_16	.7535	.2251	.4914	.4842	16.38
RM_17	.4109	.1433	.2450	.2885	27.80
RM_18	.6497	.2120	.4170	.4129	21.88

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama

Tabela D22

*Psihometrijske karakteristike zadataka testa sinonima GSN*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
GSN_01	/	/	/	/	2.11
GSN_02	-.4574	.0889	.0345	.0862	2.73
GSN_03	/	/	/	/	2.45
GSN_04	/	/	/	/	2.59
GSN_05	.5757	.3859	.0915	.1775	3.10
GSN_06	.3200	.2114	.0529	.0467	2.49
GSN_07	.1502	.1583	.0249	.0641	3.22
GSN_08	.3823	.1213	.0956	.0053	5.02
GSN_09	.4325	.2005	.1526	.2320	4.12
GSN_10	.5449	.4433	.0317	.1818	3.48
GSN_11	.4185	.0931	.1057	-.0042	2.92
GSN_12	/	/	/	/	3.57
GSN_13	.6072	.1456	.1118	.2014	2.87
GSN_14	.2980	.1355	.0121	.1114	3.45
GSN_15	.4315	.0973	.1193	.1410	2.81
GSN_16	.5190	.1387	.0908	.1649	3.71
GSN_17	.1413	.0886	.0160	.0332	3.19
GSN_18	.5318	.1745	.1309	.2170	3.06
GSN_19	.4530	.2354	.1422	.2747	2.56
GSN_20	.6649	.2022	.2075	.2613	5.06
GSN_21	.8056	.1659	.2545	.2971	3.31
GSN_22	.4997	.1955	.0673	.1909	3.43
GSN_23	.6777	.1969	.2372	.2941	4.16
GSN_24	.7056	.2002	.2518	.3057	3.48
GSN_25	.7113	.1973	.2272	.2645	3.30
GSN_26	.8096	.3224	.3888	.4325	3.72
GSN_27	.8340	.3103	.3688	.4051	3.41
GSN_28	.9371	.4812	.5547	.5085	3.20
GSN_29	.9347	.6195	.6701	.6218	3.41
GSN_30	.9618	.4494	.6415	.5512	5.47
GSN_31	.9728	.7028	.7863	.6278	3.18
GSN_32	.9723	.6775	.7723	.6460	2.78
GSN_33	.9718	.6144	.7751	.6715	3.00
GSN_34	.8989	.3475	.4934	.4511	4.34
GSN_35	.9703	.6509	.7351	.6565	2.59
GSN_36	.9595	.5650	.6403	.5475	3.36
GSN_37	.9432	.6011	.6199	.5791	3.72
GSN_38	.7646	.3332	.2439	.2012	3.49
GSN_39	.7922	.2653	.2999	.2871	4.19

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; Za ajteme koji su imali nultu varijansu nisu prikazane interne psihometrijske karakteristike.

Tabela D23

*Psihometrijske karakteristike zadataka testa specijalnih sposobnosti IT2*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
IT2_01	.8537	.4086	.4017	.4014	4.25
IT2_02	.9039	.4226	.5649	.5376	16.07
IT2_03	.8857	.5029	.6109	.5682	12.17
IT2_04	.7890	.2280	.3719	.3845	15.11
IT2_05	.7601	.2286	.2953	.3098	10.13
IT2_06	.8781	.2858	.3781	.3814	8.14
IT2_07	.8574	.2560	.3826	.3853	11.40
IT2_08	.8750	.4050	.4848	.4531	8.89
IT2_09	.8694	.4039	.4568	.4288	7.91
IT2_10	.7480	.3032	.3640	.3636	13.21
IT2_11	.6091	.1932	.1925	.2302	9.87
IT2_12	.8673	.3715	.4790	.4566	16.62
IT2_13	.8001	.2713	.3102	.3205	12.39
IT2_14	.8696	.2846	.4231	.4055	19.65
IT2_15	.8619	.3841	.4862	.4554	11.02
IT2_16	.7876	.2171	.3309	.3414	14.90
IT2_17	.8956	.2828	.4434	.4107	20.41
IT2_18	.8127	.2008	.2948	.3175	12.50
IT2_19	.8902	.4514	.5151	.4958	6.49
IT2_20	.9117	.3960	.5344	.5102	15.03
IT2_21	.7291	.1371	.2079	.2347	13.68
IT2_22	.8577	.1620	.3158	.3293	10.07
IT2_23	.8536	.2421	.3981	.3880	10.38
IT2_24	.7425	.2159	.2795	.3021	14.58
IT2_25	.8955	.3760	.5467	.5081	13.71
IT2_26	.8722	.3340	.4272	.4228	16.74
IT2_27	.9382	.3741	.5625	.5262	13.76
IT2_28	.7346	.1585	.2324	.2574	11.87
IT2_29	.2493	.1700	.1181	.1653	10.53
IT2_30	.8861	.2900	.4450	.4507	14.76
IT2_31	.7103	.1751	.2223	.2446	14.61
IT2_32	.8250	.3445	.3630	.3616	17.12
IT2_33	.9187	.4026	.5338	.5046	12.91
IT2_34	.7975	.2909	.3137	.3587	12.40
IT2_35	.7053	.2572	.2767	.3096	10.28
IT2_36	.8220	.3474	.4077	.4276	13.69
IT2_37	.7400	.2297	.2411	.2880	13.23
IT2_38	.5237	.2792	.1240	.1948	14.14
IT2_39	.4006	.2897	.0305	.1356	18.74

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama



Tabela D24

*Psihometrijske karakteristike zadataka testa perceptivne brzine IT1*

	<i>REP</i>	<i>REL</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>M vreme (s)</i>
IT1_01	.6739	.3249	.3232	.3552	3.04
IT1_02	.5617	.1797	.0948	.2126	4.22
IT1_03	.5322	.1760	.0425	.1012	4.38
IT1_04	.8104	.4536	.4532	.4992	3.70
IT1_05	.4103	.2068	.1408	.2225	3.64
IT1_06	.5759	.3060	.2280	.3316	3.94
IT1_07	.5196	.2072	.0614	.1989	4.86
IT1_08	.6917	.2349	.1793	.3007	4.79
IT1_09	.2007	.1627	.0226	.1304	6.35
IT1_10	.0784	.2363	.0398	.1451	5.02
IT1_11	/	/	/	/	3.27
IT1_12	.3595	.2422	.1260	.1729	3.89
IT1_13	.4240	.1899	.0760	.1774	6.68
IT1_14	.3303	.2140	.0351	.0982	5.57
IT1_15	.6346	.4331	.2362	.2765	6.31
IT1_16	.8245	.2678	.2356	.3410	7.72
IT1_17	.2382	.2255	.0561	.1606	5.24
IT1_18	.6483	.3134	.2260	.2972	5.14
IT1_19	.5895	.2935	.1321	.2472	6.94
IT1_20	.4425	.2573	.0672	.1430	3.86
IT1_21	.5035	.3067	.1679	.2285	5.96
IT1_22	.7154	.3235	.3288	.3659	6.55
IT1_23	.6036	.2412	.2436	.2935	6.00
IT1_24	.6456	.2659	.1772	.2689	5.05
IT1_25	.7513	.2598	.3649	.3862	4.40
IT1_26	.7395	.2456	.3392	.3230	4.92
IT1_27	.7625	.3034	.3374	.4155	6.19
IT1_28	.7840	.2664	.2766	.3277	7.10
IT1_29	.7903	.3757	.4670	.4110	4.31
IT1_30	.6749	.2577	.2963	.3008	5.44
IT1_31	.7234	.2940	.4163	.3900	6.02
IT1_32	.8936	.5394	.6659	.5212	5.45
IT1_33	.7740	.3282	.4394	.4201	6.78
IT1_34	.9173	.5387	.6750	.5260	5.47
IT1_35	.8002	.2729	.3929	.2883	4.52
IT1_36	.9355	.5902	.5906	.4143	4.57
IT1_37	.9187	.4961	.5397	.3918	5.35
IT1_38	.9370	.6656	.5854	.3734	3.65
IT1_39	.8916	.4282	.4224	.2759	7.20

*Napomena.* *M* – aritmetička sredina; *SD* – standardna devijacija; *REP* – reprezentativnost; *REL* – pouzdanost; *H* – valjanost u Hotelingovom prostoru; *B* – valjanost u Bartovom prostoru; *M vreme (s)* – prosečno vreme rešavanja zadatka u sekundama; Za ajteme koji su imali nultu varijansu nisu prikazane interne psihometrijske karakteristike.

## 7.5 Prilog E

Tabela E1

*Rang korelacije između mera tačnosti zadataka egzekutivnih funkcija*

<i>zadatak</i>	<i>V 3-unazad</i>	<i>NV 3-unazad</i>	<i>V Strup</i>	<i>NV Strup</i>	<i>Broj-slovo</i>	<i>Lokal-global</i>
<i>V 3-unazad</i>		.610**	.080	.117	.124	.143*
<i>NV 3-unazad</i>			.010	.025	.170*	.119
<i>V Strup</i>				384**	475**	.563**
<i>NV Strup S</i>					.316**	.337**
<i>Broj-slovo</i>						.631**
<i>Lokal-global</i>						

*Napomena. V 3-unazad – verbalni 3-unazad; NV 3-unazad – neverbalni 3-unazad; V Strup – verbalni Strupov zadatak; NV Strup – neverbalni Strupov zadatak; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$*

## 7.6 Prilog F

### Inkluzioni kriterijumi

Tabela F1

*Dominantnost ruke*

	<i>leva ruka</i>	<i>desna ruka</i>	<i>obe</i>
Pisanje	0	42	0
Crtanje	0	42	0
Bacanje	0	42	0
Korišćenje makaza	0	42	0
Pranje zuba	0	41	1
Korišćenje noža (bez viljuške)	0	41	1
Korišćenje kašike	0	41	1
Korišćenje metle (gornja ruka)	6	35	1
Paljenje šibice	0	42	0
Otvaranje kutije (držanje poklopca)	2	39	1
Kojom nogom šutirate?	1	41	0
Koje oko koristite ako koristite samo jedno?	11	31	0

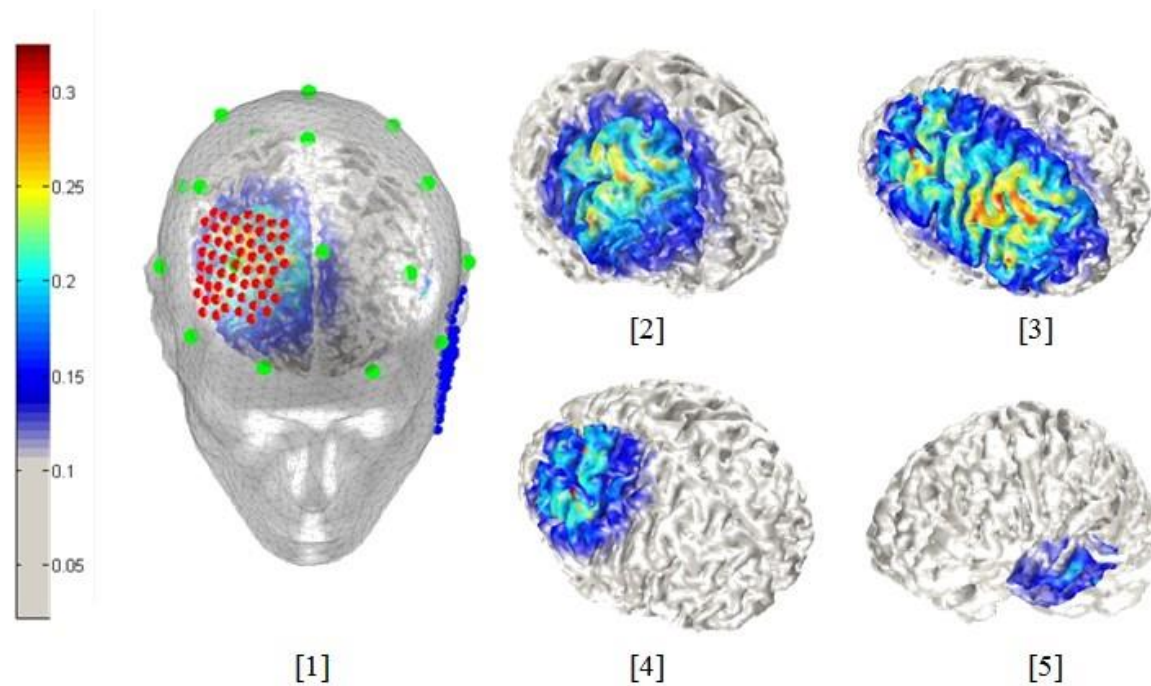
Tabela F2

*Inkluzioni kriterijumi*

	Da	Ne
Da li ste nekada imali napad?	0	42
Da li ste nekada imali povredu glave koja je dovela do gubitka svesti koje je zahtevalo dalji tretman (uključujući operaciju mozga)?	0	42
Da li patite od migrena?	0	42
Da li trenutno imate medicinsku dijagnozu koja se odnosi na psihološko ili neurološko stanje?	0	42
Da li imate bilo kakav metal u glavi (izuzimajući usnu duplju), kao npr. šrapnel ili hiruške spojnice?	0	42
Da li imate bilo kakav uređaj ugrađen u telo (npr. pejsmejker, stimulator mozga)?	0	42
Da li imate neko kožno oboljenje na poglavini? (npr. psorijaza)	0	42
Da li imate ikakve rane na glavi koje nisu u potpunosti zarasle?	0	42
Da li ste nekada imali negativnu reakciju na tDCS ili bilo koju drugu tehniku stimulacije mozga (npr. TMS, tRNS)?	0	42
Za ispitanice: Da li postoji mogućnost da ste trenutno u drugom stanju?	0	42
Da li trenutno uzimate bilo kakve lekove, sa preporukom lekara ili samostalno (uključujući rekreativnu upotrebu psihoaktivnih supstanci), izuzimajući pilule za kontracepciju?	3	39

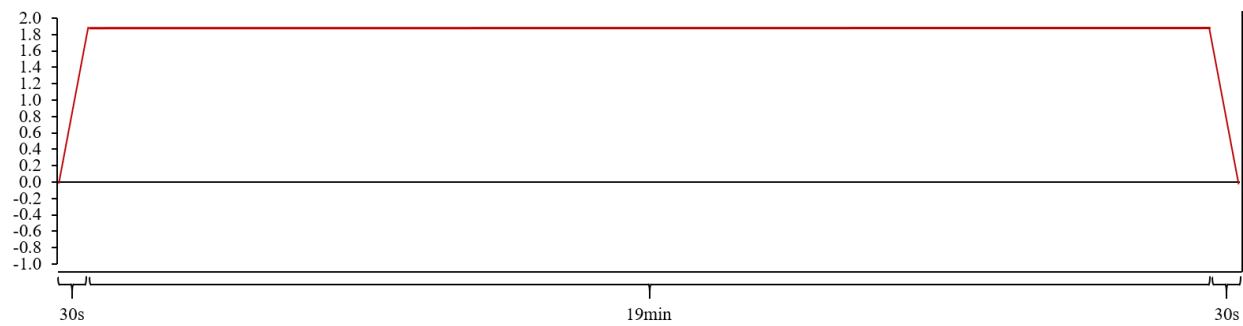
## 7.7 Prilog G

Grafički prikaz generisanog električnog polja nad lokusima od interesa za parametre stimulacije koji će biti korišćeni

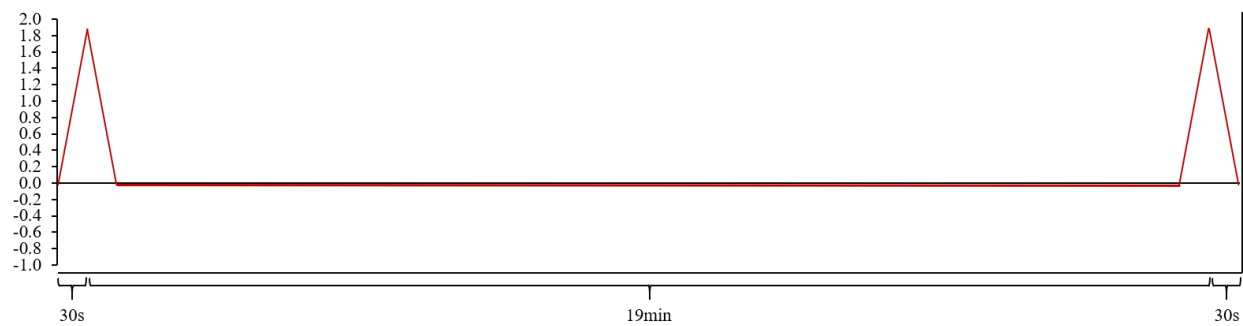


*Legenda.* (1) Ilustrativni primer modela sa pozicijama elektroda na F4 (anoda) i kontralateralnom obrazu (referentna elektroda) sa pozicijama Međunarodnog 10-20 sistema (zelene tačke); (2) Električno polje indukovano anodom nad F4; (3) Električno polje indukovano anodama nad F4 i P4 (bi-lokusna stimulacija); (4) Električno polje indukovano anodom nad P4; (5) Električno polje indukovano ispod kontralateralne referentne elektrode.

## 7.8 Prilog H



Shematski prikaz protokola aktivne stimulacije



Shematski prikaz protokola lažne stimulacije

## 7.9 Prilog I

### Upitnik za praćenje simptoma pre i nakon tDCS

Ovaj upitnik treba popuniti pre i nakon stimulacije. Molimo Vas da za svaki od navedenih simptoma procenite da li je i u kojoj meri trenutno prisutan kod Vas tako što ćete uneti vrednost od 1 (uopšte nije prisutan) do 10 (intenzivan) u odgovarajuću kolonu. Važno je da na sva pitanja iskreno odgovorite.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Da li je neki od navedenih simptoma trenutno prisutan kod Vas i u kojoj meri?	Procena		Napomena
	Pre tDCS	Posle tDCS	
1. Glavobolja			
2. Bol u vratu			
3. Bol u leđima			
4. Zamagljen vid			
5. Iritacija poglavine			
6. Peckanje			
7. Svrab			
8. Ubrzan rad srca			
9. Osećaj pečenja			
10. Naleti vrućine (valunge)			
11. Vrtoglavica			
12. Akutna promena raspoloženja			
13. Zamor			
14. Anksioznost			
Drugo:			

## 7.10 Prilog J

### Senzacije tokom tDCS tretmana

U pogledu prefrontalne stimulacije dobijen je glavni efekat vremena od početka stimulacije [ $F(1.63,65.27) = 19.095$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .323$ ], uz odsustvo glavnog efekta grupe [ $F(1,40) = 0.320$ ,  $p = .575$ ,  $\eta_p^2 = .008$ ], kao i odsustvo grupe  $\times$  vreme interakcije [ $F(1.63,65.27) = 1.547$ ,  $p = .206$ ,  $\eta_p^2 = .037$ ]. Naime, pokazalo se da je senzacija neprijatnosti najizraženija na samom početku stimulacije u poređenju sa preostale tri vremenske tačke ( $p < .001$ ). Nakon 10 minuta stimulacije, u proseku ne dolazi do većih promena u senzacijama. Ukratko, ispitanici se nakon prvih pet minuta postepeno habituiraju na stimulaciju.

U pogledu parijetalne stimulacije dobijeni su istovetni nalazi. Naime, dobijen je glavni efekat vremena od početka stimulacije [ $F(2.03,81.22) = 6.178$ ,  $p = .001$ ,  $\eta_p^2 = .134$ ], uz odsustvo glavnog efekta grupe [ $F(1,40) = 0.357$ ,  $p = .554$ ,  $\eta_p^2 = .009$ ], i odsustvo grupe  $\times$  vreme interakcije [ $F(2.03,81.22) = 0.512$ ,  $p = .675$ ,  $\eta_p^2 = .013$ ]. Slično kao i kod frontalne stimulacije i ovde se pokazalo da je neprijatnost najizraženija u prvih 5 minuta stimulacije nakon čega ( $p < .001$ ) dolazi do platoa u senzacijama.

Sa druge strane, u slučaju bi-lokusne stimulacije rezultati su ukazali na glavni efekat vremena od početka stimulacije [ $F(2.10,83.99) = 8.714$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .179$ ], odsustvo efekta grupe [ $F(1,40) = 1.598$ ,  $p = .214$ ,  $\eta_p^2 = .038$ ], uz značajnu interakciju faktora [ $F(2.03,81.22) = 4.077$ ,  $p = .019$ ,  $\eta_p^2 = .092$ ]. Naime, pokazalo se da u slučaju stimulacije leve hemisfere nema razlika u prijavljenim senzacijama u četiri vremenske tačke [ $F(2.01,40.16) = 0.379$ ,  $p = .768$ ,  $\eta_p^2 = .019$ ], tj. intenzitet neprijatnosti ostaje približno podjednak kroz čitavu sesiju, dok je u slučaju stimulacije desne hemisfere prisutan progresivan pad [ $F(1.30,26.01) = 14.836$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .426$ ], od najizraženije senzacije nakon prvih pet minuta ( $p < .001$ ), da bi se plato u senzacijama dostigao tek nakon 15 minuta ( $p = .083$ ).

Konačno, u slučaju lažne stimulacije dobijen je glavni efekat vremena od početka stimulacije [ $F(1.66,66.36) = 21.793$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .353$ ], odsustvo efekta grupe [ $F(1,40) = 0.053$ ,  $p = .819$ ,  $\eta_p^2 = .001$ ], kao i odsustvo interakcijskog efekta [ $F(1.66,66.36) = 1.390$ ,  $p = .255$ ,  $\eta_p^2 = .034$ ]. Međutim, kod lažne stimulacije dobijen je znatno drugačiji trend senzacija neprijatnosti u poređenju sa tri situacije aktivne stimulacije. Naime, pokazalo se da je senzacija neprijatnosti o kojoj ispitanici izveštavaju najizraženija na samom kraju

stimulacije tj. nakon 20. minuta ( $p < .001$ ), dok u periodu od 5 do 19 minuta ispitanici u proseku ne prave veće diferencijacije u senzacijama. Dobijeni trend u senzacijama prati trend same aplikacije struje. Naime, prilikom lažne stimulacije struja se aplikuje samo prvih i poslednjih 30 sekundi i tada se može očekivati da senzacije budu naizraženije. Budući da su ispitanici zamoljeni da o senzacijama prvi put izveste nakon 5 minuta, početna neprijatnost do koje dolazi usled polarizacije elektroda na samom početku stimulacije evidentno iščezava u prvih 5 minuta.

#### Senzacije nakon tDCS tretmana

U slučaju prefrontalne stimulacije, jedini značajan efekat grupe dobijen je u pogledu izraženosti glavobolje [ $F(1,40) = 4.937, p = .032, \eta_p^2 = .110$ ]. Naime, pokazalo se da je leva grupa izveštavala o nešto većem prisustvu glavobolje pre stimulacije [ $F(1,40) = 4.712, p = .036, \eta_p^2 = .105$ ], dok je nakon stimulacije uočena razlika na nivou trenda u korist leve grupe [ $F(1,40) = 3.603, p = .065, \eta_p^2 = .083$ ]. Kao što se iz tabele može videti, za prefrontalnu stimulaciju ustanovljeno je blago povećanje u samoprocenama nakon stimulacije i to za senzacije peckanja i svraba, dok je u pogledu bola u leđima i ubrzanog rada srca došlo do pada u procenama. Ni za jedan od navedenih simptoma nije dobijen efekat interakcije sa hemisferom koja je bila stimulisana.

U pogledu parijetalne stimulacije nije dobijena nijedna međugrupna razlika u izraženosti simptoma, dok je samo u slučaju zamora dobijen značajan interakcijski efekat [ $F(1,40) = 4.211, p = .047, \eta_p^2 = .095$ ]. Kao i u slučaju prefrontalne stimulacije dobijene su nešto povećane procene u pogledu senzacija peckanja i svraba nakon stimulacije, dok je ustanovljen trend u pogledu povećanja skorova u pogledu stepena iritacije poglavine ( $p = .057$ ), kao i trend u pogledu smanjenja skorova na ubrzanju rada srca ( $p = .055$ ) i akutne promene raspoloženja ( $p = .057$ ).

U pogledu bi-lokusne stimulacije nije ustanovljena nijedna grupna razlika, pri čemu je i u ovom slučaju ustanovljen efekat interakcije u slučaju zamora [ $F(1,40) = 6.410, p = .015, \eta_p^2 = .138$ ]. Slično kao i za prethodne tretmane dobijeno je povišenje u skorovima iritacije poglavine, senzacija peckanja i svraba, pri čemu se dodatno pokazalo da je promena u senzaciji pečenja neposredno nakon stimulacije nešto izraženija, dok su procene naleta vrućine niže u poređenju sa situacijom pre stimulacije.

Konačno, u slučaju lažne stimulacije jedini efekat grupe dobijen je za zamor [ $F(1,40) = 9.664, p = .003, \eta_p^2 = .195$ ], pri čemu se pokazalo da leva grupa izveštavala o



nešto većem prisustvu zamora, kako pre [ $F(1,40) = 10.174, p = .003, \eta_p^2 = .203$ ], tako i nakon stimulacije [ $F(1,40) = 8.133, p = .007, \eta_p^2 = .169$ ]. Sa druge strane nije utvrđen nijedan efekat interakcije između pre- i post-testa i grupe. Kao i kod prethodnih tretmana i u slučaju lažne stimulacije pokazalo se da neposredno nakon stimulacije dolazi do povišenja skorova u pogledu kožnih senzacija, iritacije poglavine, peckanja, svraba, senzacije pečenja, međutim kod ovog tretmana dolazi i do pada u skorovima naleta vrućine, zamora i inicijalne anksioznosti.

Posmatrano po pojedinačnim simptomima, u proseku nisu dobijene grupne razlike, razlike u pogledu vrste tretmana (DLPFC, PPC, bi-lokusna i lažna stimulacija), kao ni grupa  $x$  tip tretmana interakcije u pogledu glavobolje [efekat grupe:  $F(1,40) = 0.338, p = .564, \eta_p^2 = .008$ ; efekat tretmana:  $F(3,120) = 0.920, p = .434, \eta_p^2 = .002$ ; efekat interakcije:  $F(3,120) = 0.181, p = .909, \eta_p^2 = .004$ ], bola u vratu [efekat grupe:  $F(1,40) = 1.194, p = .281, \eta_p^2 = .029$ ; efekat tretmana:  $F(2.53,101.34) = 0.078, p = .972, \eta_p^2 = .002$ ; efekat interakcije:  $F(2.53,101.34) = 1.098, p = .353, \eta_p^2 = .027$ ], bola u leđima [efekat grupe:  $F(1,40) = 0.000, p = 1.000, \eta_p^2 = .000$ ; efekat tretmana:  $F(2.45,97.87) = 1.204, p = .312, \eta_p^2 = .029$ ; efekat interakcije:  $F(2.45,97.87) = 0.425, p = .736, \eta_p^2 = .011$ ], zamagljenja vida [efekat grupe:  $F(1,40) = 1.938, p = .172, \eta_p^2 = .046$ ; efekat tretmana:  $F(3,120) = 1.261, p = .291, \eta_p^2 = .031$ ; efekat interakcije:  $F(3,120) = 0.647, p = .586, \eta_p^2 = .016$ ], iritacije poglavine [efekat grupe:  $F(1,40) = 0.090, p = .766, \eta_p^2 = .002$ ; efekat tretmana:  $F(2.10,83.85) = 0.531, p = .599, \eta_p^2 = .013$ ; efekat interakcije:  $F(2.10,83.85) = 1.559, p = .215, \eta_p^2 = .038$ ], ubrzanja u radu srca [efekat grupe:  $F(1,40) = 0.013, p = .911, \eta_p^2 = .000$ ; efekat tretmana:  $F(2.17,86.72) = 1.534, p = .220, \eta_p^2 = .037$ ; efekat interakcije:  $F(2.17,86.72) = 1.494, p = .220, \eta_p^2 = .036$ ], naleta vrućine [efekat grupe:  $F(1,40) = 3.676, p = .062, \eta_p^2 = .084$ ; efekat tretmana:  $F(3,120) = 0.738, p = .531, \eta_p^2 = .018$ ; efekat interakcije:  $F(3,120) = 0.639, p = .591, \eta_p^2 = .016$ ], kao ni vrtoglavice [efekat grupe:  $F(1,40) = 0.263, p = .611, \eta_p^2 = .007$ ; efekat tretmana:  $F(3,120) = 1.449, p = .232, \eta_p^2 = .035$ ; efekat interakcije:  $F(3,120) = 0.551, p = .648, \eta_p^2 = .014$ ].

U pogledu svraba [efekat grupe:  $F(1,40) = 0.150, p = .701, \eta_p^2 = .004$ ; efekat tretmana:  $F(2.38,95.10) = 0.307, p = .773, \eta_p^2 = .008$ ; efekat interakcije:  $F(2.38,95.10) = 3.371, p = .031, \eta_p^2 = .078$ ] dobijen je efekat interakcije. Naime pokazalo se da u levoj grupi ne postoje izraženije razlike između tipova tretmana u pogledu svraba dok su u desnoj hemisferi zabeležene razlike u vidu povećanja skorova u situaciji lažne stimulacije u odnosu na PPC ( $p = .038$ ), kao i povećanje na nivou trenda u odnosu na DLPFC ( $p =$

.071), kao i izraženiji svrab nakon bi-lokusne u poređenju sa PPC stimulacijom ( $p = .030$ ). Interakcijski efekat je dobijen i za varijablu zamora [efekat grupe:  $F(1,40) = 1.240$ ,  $p = .272$ ,  $\eta_p^2 = .003$ ; efekat tretmana:  $F(3,120) = 1.974$ ,  $p = .122$ ,  $\eta_p^2 = .047$ ; efekat interakcije:  $F(3,120) = 5.432$ ,  $p = .002$ ,  $\eta_p^2 = .120$ ]. Preciznije, pokazalo se da je efekat tretmana značajan u levoj [ $F(1,40) = 5.311$ ,  $p = .003$ ,  $\eta_p^2 = .210$ ], ali ne i u desnoj grupi [ $F(1,40) = 1.106$ ,  $p = .354$ ,  $\eta_p^2 = .052$ ]. Naime, dok u desnoj grupi nisu dobijene nikakve razlike u promeni zamora unutar različitih tretmana, pokazalo se da u levoj grupi najveće umanjjenje u skorovima zamora prisutno nakon lažne stimulacije u poređenju sa PPC ( $p = .012$ ) i bi-lokusne stimulacije ( $p = .008$ ), dok do izraženije promene u pre i post izveštajima između ostalih tretmana nisu zabeležene.

U pogledu anksioznosti izostala su oba glavna efekta, kao i interakcijski efekat [efekat grupe:  $F(1,40) = 1.485$ ,  $p = .230$ ,  $\eta_p^2 = .036$ ; efekat tretmana:  $F(2.39,95.58) = 2.171$ ,  $p = .110$ ,  $\eta_p^2 = .051$ ; efekat interakcije:  $F(2.39,95.58) = 1.270$ ,  $p = .288$ ,  $\eta_p^2 = .031$ ], pri čemu su post-hoc testovi ukazali na izraženiji pad u anksioznosti u slučaju lažne stimulacije u poređenju sa DLPFC ( $p = .017$ ) i bi-lokusnom stimulacijom ( $p = .028$ ).

U pogledu senzacije pečenja dobijen je glavni efekat tretmana [efekat grupe:  $F(1,40) = 0.051$ ,  $p = .823$ ,  $\eta_p^2 = .001$ ; efekat tretmana:  $F(3,120) = 3.341$ ,  $p = .022$ ,  $\eta_p^2 = .077$ ; efekat interakcije:  $F(3,120) = 0.510$ ,  $p = .676$ ,  $\eta_p^2 = .013$ ] pri čemu se pokazalo da je ova senzacija bila najizraženija u slučaju lažne stimulacije u poređenju sa DLPFC ( $p = .033$ ) i PPC stimulacijom ( $p = .006$ ). Slični nalazi dobijeni su u pogledu senzacije peckanja [efekat grupe:  $F(1,40) = 0.121$ ,  $p = .730$ ,  $\eta_p^2 = .003$ ; efekat tretmana:  $F(3,120) = 2.616$ ,  $p = .054$ ,  $\eta_p^2 = .061$ ;  $F(3,120) = 1.492$ ,  $p = .220$ ,  $\eta_p^2 = .036$ ] pri čemu se pokazalo da do veće izraženijeg porasta u skorovima nakon stimulacije dolazi u slučaju lažne stimulacije u poređenju sa DLPFC ( $p = .046$ ), PPC stimulacijom ( $p = .005$ ), dok je razlika u odnosu na bi-lokusnu stimulaciju zabeležena na nivou trenda ( $p = .071$ ).

## 7.11 Prilog K

Efekti tri tipa stimulacije leve i desne hemisfere za svaku od korišćenih mera ishoda u odnosu na lažnu stimulaciju prikazani po hemisferama

<i>grupa</i>	<i>mere</i>	<i>test/zadatak</i>	<i>lokus</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta_p^2$
<i>Leva hemisfera</i>	<i>Kognitivne sposobnosti</i>	<i>MTRX</i>	<i>DLPFC</i>	2.410	.136	.108
			<i>PPC</i>	0.000	.997	.000
			<i>BL</i>	1.717	.205	.079
		<i>FAL</i>	<i>DLPFC</i>	<b>5.774</b>	<b>.026</b>	<b>.224</b>
			<i>PPC</i>	0.827	.374	.040
			<i>BL</i>	<b>4.284</b>	<b>.052</b>	<b>.176</b>
		<i>SA</i>	<i>DLPFC</i>	0.122	.731	.006
			<i>PPC</i>	2.708	.115	.119
			<i>BL</i>	0.714	.408	.034
	<i>KA</i>	<i>DLPFC</i>	1.243	.278	.058	
		<i>PPC</i>	0.642	.432	.031	
		<i>BL</i>	0.210	.652	.010	
	<i>MZK</i>	<i>DLPFC</i>	0.002	.962	.000	
		<i>PPC</i>	0.104	.751	.005	
		<i>BL</i>	0.260	.616	.013	
	<i>PUZZ</i>	<i>DLPFC</i>	0.595	.450	.029	
		<i>PPC</i>	0.026	.874	.001	
		<i>BL</i>	0.517	.480	.025	
	<i>SMBL</i>	<i>DLPFC</i>	<b>4.402</b>	<b>.049</b>	<b>.180</b>	
		<i>PPC</i>	0.020	.888	.001	
		<i>BL</i>	0.081	.779	.004	
	<i>PTRG</i>	<i>DLPFC</i>	0.773	.390	.037	
		<i>PPC</i>	1.846	.189	.084	
		<i>BL</i>	2.601	.122	.115	
	<i>V 3-unazad</i>	<i>DLPFC</i>	0.082	.778	.004	
		<i>PPC</i>	2.392	.138	.107	
		<i>BL</i>	0.001	.973	.000	
<i>NV 3-unazad</i>	<i>DLPFC</i>	0.121	.731	.006		
	<i>PPC</i>	<b>8.087</b>	<b>.010</b>	<b>.288</b>		
	<i>BL</i>	1.164	.293	.055		
<i>V Stroop</i>	<i>DLPFC</i>	2.281	.147	.102		
	<i>PPC</i>	0.103	.752	.005		
	<i>BL</i>	0.117	.736	.006		
<i>NV Stroop</i>	<i>DLPFC</i>	1.556	.227	.072		
	<i>PPC</i>	1.168	.293	.055		
	<i>BL</i>	1.286	.270	.060		
<i>Broj-slovo</i>	<i>DLPFC</i>	1.269	.273	.060		
	<i>PPC</i>	0.793	.384	.038		
	<i>BL</i>	0.139	.713	.007		
<i>Lokal-global</i>	<i>DLPFC</i>	1.543	.229	.072		
	<i>PPC</i>	1.965	.176	.089		
	<i>BL</i>	0.105	.749	.005		

*Napomena.* *Napomena.* *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *SA* – Sinonim-antonim; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica; *SMBL* – Simbol; *PTRG* – Vizuelna potraga; *V 3-unazad* – verbalni 3-unazad; *NV 3-unazad* – neverbalni 3-unazad; *V Stroop* – verbalni Strupov zadatak; *NV Stroop* – neverbalni Strupov zadatak; *DLPFC* – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; *PPC* – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; *BL* – bi-lokusna stimulacija *DLPFC* i *PPC*; *F* – *F* količnik; *df1* = 1; *df2* = 20;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**

Efekti tri tipa stimulacije leve i desne hemisfere za svaku od korišćenih mera ishoda u odnosu na lažnu stimulaciju prikazani po hemisferama (nastavak)

<i>grupa</i>	<i>mere</i>	<i>test/zadatak</i>	<i>lokus</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta_p^2$
<i>Desna hemisfera</i>	<i>Kognitivne sposobnosti</i>	<i>MTRX</i>	<i>DLPFC</i>	2.620	.121	.116
			<i>PPC</i>	<b>3.019</b>	<b>.098</b>	<b>.131</b>
			<i>BL</i>	0.209	.652	.010
		<i>FAL</i>	<i>DLPFC</i>	1.625	.217	.075
			<i>PPC</i>	<b>3.314</b>	<b>.084</b>	<b>.142</b>
			<i>BL</i>	0.395	.537	.019
		<i>SA</i>	<i>DLPFC</i>	2.134	.160	.096
			<i>PPC</i>	0.797	.383	.038
			<i>BL</i>	0.060	.810	.003
	<i>KA</i>	<i>DLPFC</i>	0.164	.690	.008	
		<i>PPC</i>	0.555	.465	.027	
		<i>BL</i>	0.718	.407	.035	
	<i>MZK</i>	<i>DLPFC</i>	0.322	.577	.016	
		<i>PPC</i>	0.004	.947	.000	
		<i>BL</i>	2.129	.160	.096	
	<i>PUZZ</i>	<i>DLPFC</i>	<b>4.937</b>	<b>.038</b>	<b>.198</b>	
		<i>PPC</i>	<b>3.315</b>	<b>.084</b>	<b>.142</b>	
		<i>BL</i>	1.162	.294	.055	
	<i>SMBL</i>	<i>DLPFC</i>	0.609	.444	.030	
		<i>PPC</i>	0.475	.499	.023	
		<i>BL</i>	0.003	.957	.000	
	<i>PTRG</i>	<i>DLPFC</i>	2.664	.118	.118	
		<i>PPC</i>	<b>4.774</b>	<b>.041</b>	<b>.193</b>	
		<i>BL</i>	0.110	.774	.005	
	<i>V 3-unazad</i>	<i>DLPFC</i>	<b>6.938</b>	<b>.016</b>	<b>.258</b>	
		<i>PPC</i>	<b>4.381</b>	<b>.049</b>	<b>.180</b>	
		<i>BL</i>	0.270	.609	.013	
	<i>NV 3-unazad</i>	<i>DLPFC</i>	<b>3.025</b>	<b>.097</b>	<b>.131</b>	
		<i>PPC</i>	2.238	.150	.101	
		<i>BL</i>	0.197	.662	.010	
<i>V Stroop</i>	<i>DLPFC</i>	0.865	.363	.041		
	<i>PPC</i>	0.126	.726	.006		
	<i>BL</i>	1.100	.307	.052		
<i>NV Stroop</i>	<i>DLPFC</i>	0.516	.481	.025		
	<i>PPC</i>	<b>5.750</b>	<b>.026</b>	<b>.223</b>		
	<i>BL</i>	0.578	.456	.028		
<i>Broj-slovo</i>	<i>DLPFC</i>	1.035	.321	.049		
	<i>PPC</i>	0.519	.480	.025		
	<i>BL</i>	0.233	.634	.012		
<i>Lokal-global</i>	<i>DLPFC</i>	0.085	.774	.004		
	<i>PPC</i>	0.217	.646	.011		
	<i>BL</i>	0.146	.707	.007		

*Napomena.* *Napomena.* *MTRX* – Matrice; *FAL* – Fluidne analogije; *SA* – Sinonim-antonim; *KA* – Kristalizovane asocijacije; *MZK* – Mozaik; *PUZZ* – Slagalica; *SMBL* – Simbol; *PTRG* – Vizuelna potraga; *V 3-unazad* – verbalni 3-unazad; *NV 3-unazad* – neverbalni 3-unazad; *V Stroop* – verbalni Strupov zadatak; *NV Stroop* – neverbalni Strupov zadatak; *DLPFC* – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; *PPC* – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; *BL* – bi-lokusna stimulacija *DLPFC* i *PPC*; *F* – *F* količnik; *df1* = 1; *df2* = 20;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**

## 7.12 Prilog L

Razlike između situacija neuromodulacije anteriornih i posteriornih lokusa i lažne stimulacije nakon parcijalizacije za promene u generalnim faktorima ekstrahovanim iz testova unutar korespondentnog modaliteta i nakon parcijalizacije za promene u drugom markeru istog faktora sposobnosti/egzekutivne funkcije (zasebno za kognitivne sposobnosti i egzekutivne funkcije) prikazane po hemisferama

grupa	test	lokus stimulacije	kontrola za <i>G</i> unutar domena			kontrola za drugi test iste sposobnosti/ funkcije		
			<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta_p^2$	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta_p^2$
Leva hemisfera	MTRX	DLPFC	<b>3.912</b>	<b>.063</b>	<b>.171</b>	2.521	.129	.117
		PPC	0.000	.996	.000	0.044	.836	.002
	FAL	DLPFC	<b>8.139</b>	<b>.010</b>	<b>.300</b>	<b>5.752</b>	<b>.027</b>	<b>.232</b>
		PPC	1.598	.222	.078	0.831	.373	.042
	KA	DLPFC	0.206	.655	.011	0.066	.799	.003
		PPC	<b>3.577</b>	<b>.074</b>	<b>.158</b>	2.421	.136	.113
	SA	DLPFC	1.191	.289	.059	1.425	.247	.070
		PPC	0.628	.438	.032	1.192	.289	.059
	MZK	DLPFC	0.004	.950	.000	0.516	.481	.026
		PPC	0.115	.738	.006	0.077	.784	.004
	PUZZ	DLPFC	0.852	.367	.043	1.094	.309	.054
		PPC	0.063	.805	.003	0.003	.954	.000
	SMBL	DLPFC	7.401	.014	.280	<b>5.847</b>	<b>.026</b>	<b>.235</b>
		PPC	0.019	.891	.001	0.482	.496	.025
	PTRG	DLPFC	0.865	.364	.044	2.151	.159	.102
		PPC	2.681	.118	.124	2.258	.149	.106
	V 3-unazad	DLPFC	0.094	.762	.005	0.148	.705	.008
		PPC	2.285	.147	.107	0.371	.549	.019
	NV 3-unazad	DLPFC	0.118	.735	.006	0.185	.672	.010
		PPC	<b>8.098</b>	<b>.010</b>	<b>.299</b>	<b>5.298</b>	<b>.033</b>	<b>.218</b>
	V Stroop	DLPFC	2.491	.131	.116	1.228	.282	.061
		PPC	0.262	.615	.014	0.210	.652	.011
	NV Stroop	DLPFC	2.951	.102	.134	0.570	.460	.029
		PPC	<b>3.084</b>	<b>.095</b>	<b>.140</b>	1.228	.282	.061
	Broj-slovo	DLPFC	1.397	.252	.069	1.279	.272	.063
		PPC	0.945	.343	.047	0.358	.557	.018
	Lokal-global	DLPFC	1.858	.189	.089	1.541	.230	.075
		PPC	1.910	.183	.091	1.449	.243	.071

*Napomena.* MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; V 3-unazad – verbalni 3-unazad; NV 3-unazad – neverbalni 3-unazad; V Stroop – verbalni Strupov zadatak; NV Stroop – neverbalni Strupov zadatak; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; *F* – *F* količnik; *df1* = 1; *df2* = 20;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

Razlike između situacija neuromodulacije anteriornih i posteriornih lokusa i lažne stimulacije nakon parcijalizacije za promene u generalnim faktorima ekstrahovanim iz testova unutar korespondentnog modaliteta i nakon parcijalizacije za promene u drugom markeru istog faktora sposobnosti/egzekutivne funkcije (zasebno za kognitivne sposobnosti i egzekutivne funkcije) prikazane po hemisferama (nastavak)

grupa	test	lokus stimulacije	kontrola za G unutar domena			kontrola za drugi test iste sposobnosti/ funkcije		
			F	p	$\eta_p^2$	F	p	$\eta_p^2$
Desna hemisfera	MTRX	DLPFC	<b>3.307</b>	<b>.085</b>	<b>.148</b>	1.574	.225	.077
		PPC	<b>3.232</b>	<b>.088</b>	<b>.145</b>	<b>4.185</b>	<b>.055</b>	<b>.180</b>
	FAL	DLPFC	1.774	.199	.085	0.669	.424	.034
		PPC	<b>4.047</b>	<b>.059</b>	<b>.176</b>	<b>4.482</b>	<b>.048</b>	<b>.191</b>
	KA	DLPFC	<b>3.496</b>	<b>.077</b>	<b>.155</b>	2.336	.143	.110
		PPC	1.136	.300	.056	0.993	.332	.050
	SA	DLPFC	0.178	.678	.009	0.167	.687	.009
		PPC	0.697	.414	.035	0.640	.434	.033
	MZK	DLPFC	0.312	.583	.016	0.143	.710	.007
		PPC	0.006	.940	.000	0.199	.661	.010
	PUZZ	DLPFC	<b>8.204</b>	<b>.010</b>	<b>.302</b>	<b>4.490</b>	<b>.047</b>	<b>.191</b>
		PPC	<b>4.795</b>	<b>.041</b>	<b>.202</b>	<b>3.376</b>	<b>.082</b>	<b>.151</b>
	SMBL	DLPFC	0.766	.392	.039	0.788	.386	.040
		PPC	0.754	.396	.038	1.045	.320	.052
	PTRG	DLPFC	2.715	.116	.125	2.761	.113	.127
		PPC	<b>5.147</b>	<b>.035</b>	<b>.213</b>	<b>5.254</b>	<b>.033</b>	<b>.217</b>
	V 3-unazad	DLPFC	<b>7.617</b>	<b>.012</b>	<b>.286</b>	4.031	.059	.175
		PPC	<b>5.216</b>	<b>.034</b>	<b>.215</b>	2.385	.139	.112
	NV 3-unazad	DLPFC	3.252	.087	.146	0.685	.418	.035
		PPC	2.165	.158	.102	0.505	.486	.026
	V Stroop	DLPFC	1.131	.301	.056	0.490	.492	.025
		PPC	0.211	.651	.011	0.280	.603	.015
	NV Stroop	DLPFC	1.315	.266	.065	0.164	.690	.009
		PPC	<b>5.980</b>	<b>.024</b>	<b>.239</b>	<b>5.668</b>	<b>.028</b>	<b>.230</b>
	Broj-slovo	DLPFC	1.033	.322	.052	1.405	.251	.069
		PPC	0.527	.477	.027	0.559	.464	.029
	Lokal-global	DLPFC	0.097	.759	.005	0.483	.495	.025
		PPC	0.266	.612	.014	0.272	.608	.014

*Napomena.* MTRX – Matrice; FAL – Fluidne analogije; SA – Sinonim-antonim; KA – Kristalizovane asocijacije; MZK – Mozaik; PUZZ – Slagalica; SMBL – Simbol; PTRG – Vizuelna potraga; V 3-unazad – verbalni 3-unazad; NV 3-unazad – neverbalni 3-unazad; V Stroop – verbalni Strupov zadatak; NV Stroop – neverbalni Strupov zadatak; DLPFC – stimulacija dorzolateralnog prefrontalnog korteksa; PPC – stimulacija posteriornog parijetalnog korteksa; F – F količnik;  $df1 = 1$ ;  $df2 = 20$ ;  $\eta_p^2$  – veličina efekta; Značajni efekti ( $p < .05$ ) označeni su **masnim** slovima; Efekti na nivou trenda ( $p < .10$ ) označeni su **masnim kurzivom**.

## **Biografija**

Marko Živanović (Beograd, 1982) završio je osnovne studije psihologije 2012. godine sa prosečnom ocenom 9.31, na Odeljenju za psihologiju, Filozofskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. Master akademske studije, istraživački smer, 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. Školske 2013/2014 upisao je doktorske studije psihologije tokom kojih je ostvario prosečnu ocenu 10.00.

Tokom osnovnih, master i doktorskih studija učestvovao je u izvođenju nastave na Odeljenju za psihologiju, Filozofskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, kao i u naučno-istraživačkim aktivnostima Instituta za psihologiju. Od marta 2016. godine zaposlen je na Filozofskom fakultetu, Univerziteta u Beogradu gde trenutno radi u zvanju istraživač saradnik. Učesnik je nacionalnih i međunarodnih projekata, a njegova dosadašnja naučna produkcija obuhvata 13 radova, od čega je 11 objavljeno u časopisima međunarodnog karaktera, kao i veći broj saopštenja na naučnim skupovima u zemlji i inostranstvu.

## 8 Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Марко Живановић

Број индекса: 4П130003

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

*Ефекти транскранијалне неуромодулације фронто-паријеталне функционалне мреже на више когнитивне функције*

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

**Потпис аутора**

У Београду, 07.02.2019.

---



**9 Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада**

Име и презиме аутора: Марко Живановић

Број индекса: 4П130003

Студијски програм: Психологија

Наслов рада: *Ефекти транскранијалне неуромодулације фронто-паријеталне функционалне мреже на више когнитивне функције*

Ментор: др Горан Опачић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, 07.02.2019.

---

## 10 Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

*Ефекти транскранијалне неуромодулације фронто-паријеталне функционалне мреже на више когнитивне функције*

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
- 3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)**
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.  
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

**Потпис аутора**

У Београду, 07.02.2019.

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.