

Slobodni i otvoreni softver u laboratorijskim i mrežnim istraživanjima u eksperimentalnoj psihologiji

Dušica Filipović Đurđević

Odeljenje za psihologiju, Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija
Laboratorija za eksperimentalnu psihologiju, Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija
Laboratorija za eksperimentalnu psihologiju, Filozofski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija

dusica.djurdjevic@f.bg.ac.rs

Rezime: U ovom radu biće dat kratak prikaz najpoznatijih slobodnih i otvorenih softverskih aplikacija koje se koriste za prikazivanje stimulusa i prikupljanje podataka u eksperimentalno-psihološkim istraživanjima. Pored sažetog opisa osnovnih tehničkih preduslova koji treba da budu ispunjeni u eksperimentima u kognitivnoj psihologiji, biće dat uporedni prikaz stepena u kojem su oni ispunjeni u slučaju slobodnih i otvorenih softverskih rešenja. Konačno, biće upoređeni specifični tehnički preduslovi koje postavlja prikupljanje podataka preko mreže, a sve sa ciljem demonstriranja da sve brojnija i sve kvalitetnija kako slobodna, tako i otvorena softverska rešenja ispunjavaju stroge kriterijume savremenog eksperimentalnog istraživanja i velikom brzinom se prilagođavaju promenama i novonastalim potrebama savremenog istraživača.

Ključne reči: eksperiment, prikupljanje podataka, laboratorija, internet.

I. Uvod

U ovom radu bavićemo se softverom koji se koristi u eksperimentalnoj psihologiji – grani psihologije koju definiše metod koji koristi, a koja za temu može imati različite sfere ljudskog ponašanja, pa tako postoje eksperimentalna kognitivna, socijalna, razvojna, klinička psihologija itd. U današnje vreme upotreba eksperimentalnog softvera olakšava istraživački proces u svim pomenutim granama, jer olakšava proces izlaganja stimulusa koji čine deo eksperimentalne manipulacije i proces beleženja odgovora ispitanika. Međutim, najraniju primenu softver je našao u oblasti kognitivne psihologije, naročito u oblasti percepcije.

Neposredna potreba za računarski podržanim istraživanjima javila se u oblastima psihologije u kojoj je izlaganje stimulusa, s jedne i beleženje odgovora ispitanika s druge strane, bilo naročito zahtevno. Izlaganje stimulusa koje je zahtevalo tehničku podršku podrazumevalo je izlaganje komplikovanih stimulusa, ili izlaganje u veoma kratkim i precizno izmerenim vremenskim intervalima. Snimanje odgovora podrazumevalo je ne samo beleženje odgovora, već i precizno merenje vremena reagovanja. Pored toga, eksperimentalni nacrt ponekad bi podrazumevao i modifikovanje procesa izlaganja stimulusa u zavisnosti od odgovora ispitanika.

Precizna kontrola izlaganja stimulusa i merenja parametara odgovora ispitanika bila je moguća i pre nego što su računari postali dostupni široj javnosti i to zahvaljujući uređaju pod nazivom tahistoskop. Međutim, upravljanje tahistoskopom je bilo veoma zahtevno i

proces izvođenja istraživanja veoma spor, a mogućnosti izlaganja stimulusa ograničene. Uprkos divljenju vrednoj posvećenosti i dovtljivosti koju su ispoljili istraživači iz predračunarske ere, primena računarske tehnologije donela je revolucionarnu promenu eksperimentalnoj psihologiji.

II. Pregled najčešće korišćenog softvera

Ovde će najpre biti opisan odabrani uzorak najčešće korišćenog slobodnog i otvorenog softvera koji se koristi u laboratorijskim uslovima, a potom i odabrani uzorak takvog softvera koji se koristi za sve popularnije prikupljanje podataka preko interneta.

A. Istraživanja koja se izvode u laboratorijskim uslovima

Eksperimentalni psiholozi za potrebe svojih istraživanja već decenijama koriste različite komercijalne softverske alate. Neki od najpoznatijih su **E-Prime**¹ [1], **Presentation**², **SuperLab**³ [3], **Experiment Builder**⁴ [4], **Inquisite**⁵ [5], **DirectRT**⁶ [6]. Premda su njihove performanse bile i ostale na zavidnom nivou, licence nisu uvek bile dostupne svima, naročito istraživačima iz zemalja sa manje razvijenom ekonomijom. Pored toga, kao i većina komercijalnih softverskih aplikacija, mnogi od ovih programa patili su od nefleksibilnosti – ukoliko kreatori softvera nisu osmislili neku mogućnost, korisnik nije mogao da je doda. Eksplicitna poređenja su pokazala da svaki od njih ima neke prednosti i neke mane – npr. neki su fleksibilni, ali komplikovani za upotrebu, dok su neki drugi jednostavni za upotrebu, ali neprilagodljivi različitim potrebama [7]. Zbog toga su istraživači rano počeli da kreiraju slobodan softver za izvođenje eksperimenata u oblasti kognitivne psihologije.

Jedna od prvih slobodnih aplikacija bio je **DMDX**⁷ [8], program koji je Kenet Forster počeo da razvija 1975. godine. Krajem osamdesetih godina pridružio mu se Džonatan Forster koji ga je krajem devedesetih prilagodio za rad u OS Windows. Program se redovno ažurira i postao je veoma popularan u istraživačkoj zajednici kognitivnih psihologa, prvenstveno zahvaljujući preciznosti u merenju vremenskih parametara. Naročito je cenjen od istraživača koji koriste paradigmu takozvanog maskiranog primovanja [9], gde je stimuluse

¹ <https://pstnet.com/products/e-prime/>

² <https://www.neurobs.com/>

³ <https://cedrus.com/superlab/index.htm>

⁴ <https://www.sr-research.com/experiment-builder/>

⁵ <https://www.millisecond.com/>

⁶ <https://www.empirisoft.com/directrt.aspx>

⁷ <http://www.u.arizona.edu/%7Ejforster/dmdx.htm>

potrebno izlagati u vrlo kratkim intervalima (desetine milisekundi). Jedan je od prvih programa koji je kognitivne psihologe upoznao sa pojmom vremena osvežavanja ekrana i jedan od retkih programa koji uz instaliranje zahteva dodatno testiranje hardvera kako bi se omogućila kalibracija određenih parametara, što istraživačima daje naročitu sigurnost i preciznost merenja, ali i nelagodu zbog relativno komplikovane procedure inicijalnih testova. Eksperiment se kreira pomoću tekstualnog fajla, a nedavno je ponuđen i grafički interfejs koji olakšava ovu proceduru, [VisualDMX](http://visualdmdx.com/)⁸ [10].

[PsychoPy](https://www.psychopy.org/)⁹ [11][12][13] [14] je trenutno najpopularniji i najnapredniji otvoreni softver za izvođenje eksperimenata u psihologiji i srodnim naukama, na tri platforme (Windows, Linux i macOS), koja mesečno ima na desetine hiljada korisnika i koju je do sada gradilo preko 90 volontera. Preciznije govoreći, potrebno je razlikovati *PsychoPy paket*, odnosno biblioteku koja je pisana u programskom jeziku Python i *PsychoPy Builder*, odnosno vizuelni interfejs koji olakšava pripremu eksperimenta tako što prevodi u kod ono što korisnik kreira pomoću grafičkog interfejsa. Rad na kreiranju PsychoPy biblioteke započeo je 2002. godine, za potrebe eksperimenata koje je u to vreme izvodio njegov autor, a sa idejom da ukrsti prednosti OpenGL-a i jednostavnost sintakse u programskom jeziku Python. Pisana je sa ciljem da omogući istraživačima da imaju kontrolu nad komplikovanim procedurama i zahtevnim uslovima koje stimulusi treba da ispune. Ova biblioteka može se koristiti i tako što se piše kod koji upravlja eksperimentom, ali njenoj popularnosti je dodatno doprinelo to što je kreiran i pomenuti vizuelni interfejs koji prevodi instrukcije u kod. Na taj način, ovaj softver je objedinio napredne performanse sa korisničkim iskustvom. Ipak, kada se pored ta dva, PsychoPy daje prednost tehničkim aspektima.

[OpenSesame](https://www.psychopy.org/)¹⁰ [15] je otvoreni softver koristi PsychoPy biblioteku kao back-end, a koji je od druge grupe autora razvijan paralelno sa PsychoPy Builder-om. Preciznije govoreći, OpenSesame je nezavisan od back-enda i može da koristi nekoliko biblioteka u te svrhe (PsychoPy, PyGame, PyOpenGL, Expyriment). Osnovna ideja njegovih autora bila je da korisnicima koji ne poznaju programski jezik Python približe vrhunske performanse PsychoPy biblioteke i da to učine na način koji omogućava jednostavnost i fleksibilnost. Premda zvanično ne pruža sve napredne mogućnosti koje sadrži PsychoPy, autori su u svojoj zamisli u potpunosti uspeali, jer je OpenSesame izuzetno brzo postao jedan od najpopularnijih softverskih aplikacija u naučnoj zajednici. To je postignuto zahvaljujući ideji da se kombinuje jednostavnost koju daje grafički interfejs i fleksibilnost koju daje mogućnost unosa Python koda preko tzv. in-line skripta. Na taj način, korisnik štedi vreme koristeći već gotova, rutinska rešenja, ali zadržava i mogućost kreiranja sopstvenih novih i neobičajenih rutina uz minimalno poznavanje programiranja. Pored toga, OpenSesame je pojednostavio način kreiranja vizuelnih stimulusa i zadržao dobre tehničke

karakteristike koje omogućava biblioteka PsychoPy. Konačno, popularnosti je doprinela i velika i agilna grupa za podršku.

Pored ovde opisanih, postoji još čitav niz slobodnih ili otvorenih softverskih aplikacija, kao što su: [VideoToolbox](http://psychtoolbox.org/) [16], [PsychToolbox/ MATLAB Psychophysics Toolbox](http://psychtoolbox.org/)¹¹ [17], [PEBL](http://pebl.sourceforge.net/)¹² [18], [PyScope](https://github.com/portante/pycscope)¹³ za Mac OS [19], [PsyToolkit](https://www.pytoolkit.org/)¹⁴ za Linux [20], [Tscope](https://expsy.ugent.be/tscope/index.html)¹⁵ [21], [Vision Egg](http://visionegg.org/)¹⁶ [22], [Tatool](http://www.tatool.ch/)¹⁷, [ExpFactory](https://expfactory.github.io/)¹⁸, [NodeGame](https://nodegame.org/)¹⁹. Konačno, postoji i domaća verzija slobodnog eksperimentalnog softvera – [UltraLab](https://osdoc.cogsci.nl/)²⁰ [23]. On je prvenstveno kreiran da studentima psihologije, kroz iskustvo iz prve ruke omogući lako usvajanje znanja i veština iz kognitivne psihologije. Osmišljen je sa idejom da bude jednostavan za upotrebu, tako da ne zahteva veliko iskustvo i da bude prenosiv, tako da ne zahteva instaliranje (pisan je u programskom jeziku Java). Zahvaljujući tome, lako može biti u upotrebi i u školskoj nastavi, a može biti od koristi i istraživačima početnicima. Pored samog programa, dostupni su i primeri nekih od eksperimentalnih paradigmi.

B. Istraživanja koja se izvode na mreži

U novije vreme, istraživači u oblasti psihologije počeli da primećuju da se njihova naučna saznanja zasnivaju dominantno na podacima koji potiču od tzv. WEIRD populacije: Western, Educated, Industrialized, Rich, and Democratic [24], jer su ispitanici u tim istraživanjima najčešće bili studenti. Zadovoljenje potrebe da se istraživanja izvode nad reprezentativnim uzorcima ponudilo je postojanje i raširenost upotrebe interneta. Ubrzo su istraživanja koja se izvode na mreži postala veoma učestala, a pojava fizičke izolacije zbog pandemije virusa SARS-COV2, učinila je da podaci koji se prikupljaju preko mreže mnogim istraživačima budu jedini podaci na koje mogu da računaju. Time je već započeti proces brzog prelaska na mrežna istraživanja dodatno ubrzan.

Prelazak na mrežu doneo je posebne izazove eksperimentalnim istraživanjima, jer je doneo nove zahteve za precizno merenje vremena izlaganja stimulusa i davanja odgovora. Ovi problemi rešeni su tako što se stimulusi prikazuju u pretraživaču, a eksperiment se izvršava lokalno.

Proces prikupljanja podataka preko interneta podrazumeva tri nivoa softverske podrške. Prvo, potrebno je okruženje u kojem će biti definisane instrukcije za izlaganje stimulusa i beleženje odgovora (*kreiranje eksperimenata*). Potom, potrebni su server i platforma koja će *upravljati eksperimentom*, odnosno koji će pohranjivati eksperimentalne fajlove koji su prethodno kreirani, formirati linkove za pristup eksperimentu i pohranjivati podatke koji su prikupljeni od ispitanika.

¹¹ <http://psychtoolbox.org/>

¹² <http://pebl.sourceforge.net/>

¹³ <https://github.com/portante/pycscope>

¹⁴ <https://www.pytoolkit.org/>

¹⁵ <https://expsy.ugent.be/tscope/index.html>

¹⁶ <http://visionegg.org/>

¹⁷ <http://www.tatool.ch/>

¹⁸ <https://expfactory.github.io/>

¹⁹ <https://nodegame.org/>

²⁰ [https://osf.io/enwgm/?](https://osf.io/enwgm/?view_only=1104a5c416fd4dbe917e9b753e959c32)

[view_only=1104a5c416fd4dbe917e9b753e959c32](https://osf.io/enwgm/?view_only=1104a5c416fd4dbe917e9b753e959c32)

⁸ <http://visualdmdx.com/>

⁹ <https://www.psychopy.org/>

¹⁰ <https://osdoc.cogsci.nl/>

Klikom na link, ispitanik preuzima eksperiment tako da se kod izvršava na lokalnoj mašini (čime se postiže preciznost izlaganja i merenja), a po završetku prikupljeni podaci šalju nazad na server. Linkove je moguće kreirati tako da se ograniči broj pristupa sa jedne IP adrese ili dozvoli neograničen broj pristupa. Konačno, potrebna je platforma za *regrutovanje ispitanika*, odnosno potreban je virtuelni prostor preko kojeg će link ka eksperimentu doći do ispitanika. U nastavku će svaki od nivoa biti zasebno opisan.

Kreiranje eksperimenata. Komercijalna softverska rešenja koja su najčešće u upotrebi u eksperimentalnoj psihologiji jesu [Qualtrics](https://www.qualtrics.com/)²¹, koji ima ograničene mogućnosti i pogodniji je za upitničke studije, dok se u hronometrijskim istraživanjima obično koriste [Gorilla](https://gorilla.sc/)²², koja je naročito popularna i [Inquisit Web](https://www.millisecond.com/)²³.

Slobodni ili otvoreni softver uspešno parira, a često i prevazilazi mogućnosti svojih komercijalnih parnjaka. Među najpopularnijim otvorenim softverskim rešenjima su [PsychoPy](https://www.psychopy.org/)²⁴ [13] i [OSWeb](https://osdoc.cogsci.nl/3.2/manual/osweb/)²⁵ [15] koji pored kreiranja i zadavanja eksperimenata u laboratorijskim uslovima pružaju i mogućnost kreiranja eksperimentalnog fajla za mrežno zadavanje. Princip rada je isti kao za pripremu fajla za rad u lokalnu, s tim što se umesto programskog jezika Python, za pisanje koda koristi programski jezik JavaScript. Za korisnike koji nisu vešti u programiranju, kreiranje eksperimentalnog fajla je identično kao prilikom rada u lokalnu, s tim što se na kraju rada iskoristi opcija da program sam prevede instrukcije u JavaScript.

Veoma popularan je i otvoreni softver [jsPsych](https://www.jpspsych.org/)²⁶ [25] koji predstavlja biblioteku gotovih rešenja napisanih u JavaScript programskom jeziku, kojima se upravlja različitim segmentima eksperimenata. Upotreba ovog softvera zahteva poznavanje ovog programskog jezika, s tim da postoji veoma razvijena mreža podrške i mnoštvo gotovih rešenja za različite eksperimentalne paradigme.

Tu su još i [Lab.js](https://lab.js.org/)²⁷ [26], [PsyToolkit](https://www.pytoolkit.org/)²⁸ [27] i sl.

Upravljanje eksperimentima: distribucija linkova i pohranjivanje podataka. Do nedavno slobodan za upotrebu (finansiran preko projekta), a od nedavno dostupan uz minimalnu finansijsku nadoknadu, najpoznatiji servis za upravljanje eksperimentima, [Pavlovia](https://pavlovia.org/)²⁹ razvijen je od strane kreatora PsychoPy paketa. Pavlovia se koristi i kao mesto za razmenu eksperimenata pisanih uz pomoć PsychoPy biblioteke.

Od slobodnih rešenja trenutno je najpopularniji serverski sistem [JATOS](https://www.jatos.org/)³⁰, koji je finansiran od strane Lajpciškog instituta za psihologiju (ZPID) i koji se za istraživanja manjeg obima može koristiti na adresi institutskog servera. Za istraživanja većeg obima poželjno je instalirati ga na lokalnom univerzitetskom serveru, pri čemu se kompletan softver može slobodno

preuzeti. Pored toga, slobodni za korišćenje su i [psiTurk](https://psiturk.org/)³¹, [Cognition.run](https://www.cognition.run/)³², [Pushkin](https://languagelearninglab.gitbook.io/pushkin/)³³ itd.

Regrutovanje ispitanika. Konačno, potrebno je na neki način proširiti poziv ispitanicima i učiniti dostupnim linkove za pristup eksperimentima. Najpopularnije komercijalne platforme koje se koriste u te svrhe jesu [Amazon Mechanical Turk](https://www.mturk.com/)³⁴, [Prolific Academic](https://www.prolific.co/)³⁵, [Sona Systems](http://www.sona-systems.com/default.aspx)³⁶, [Figure Eight](https://www.figure-eight.com/)³⁷. Ovde se epitet komercijalno odnosi na činjenicu da ispitanici koji posećuju ove platforme, nakon učešća u eksperimentu dobijaju finansijsku nadoknadu za to, a odabrana platforma ima ulogu finansijskog i pravnog posrednika u tom procesu.

Do ispitanika se može doći i bez davanja finansijske nadoknade za učešće, a tada se linkovi najčešće distribuiraju preko društvenih mreža. Iskustva pokazuju da novac nije najbolji insentiv i da su ispitanici najposvećeniji kada znaju da će dobiti neku povratnu informaciju o sebi [28]. Neke laboratorije i neki projekti poseduju veb sajtove na kojima kontinuirano nude linkove za volontersko učešće u istraživanjima. Neki od njih su [Word Likeness](https://worldlikeness.org/#)³⁸, [Games with words](https://www.gameswithwords.org/)³⁹, [Small world of words](https://smallworldofwords.org/en/project)⁴⁰, [Lab in the wild](http://labinthewild.org/)⁴¹, [The music lab](https://www.themusiclab.org/)⁴², [Test my brain](https://testmybrain.org/)⁴³, itd.

III. Poređenje komercijalnog i slobodnog/otvorenog softvera

Poređenje dve grupe softverskih alata s obzirom na performanse pokazuje da cena nije prediktor kvaliteta. Slobodni, a naročito otvoreni softver po različitim tehničkim parametrima stoji rame uz rame, a često i pobeđuje tradicionalni, komercijalni softver [29][30][31][32]. Premda neki od njih pokrivaju uzan domen, jer su pisani za potrebe specifične grupe istraživanja, oni koji su najrasprostranjeniji dovoljno su fleksibilni da mogu da ispune svaku potrebu: funkcionišu na različitim platformama, omogućavaju prikazivanje širokog spektra stimulusa (tekst, slika, zvuk, video, itd.) pod različitim uslovima, omogućavaju snimanje različitih vrsta odgovora, kao i njihovo kombinovanje (vreme reakcije, pritisak tastera, EEG, fMRI, očni pokreti itd). Otvoreni softver neretko je i moćniji po svojoj prilagodljivosti, jer na njegovom razvoju radi armija „informisanih korisnika“ – naučnika koji taj softver kroje upravo u skladu sa potrebama istraživačke zajednice.

Pored toga što je dostupan, otvoreni softver pruža naučnicima mogućnost da imaju uvid u način na koji je implementirano neko rešenje („da zavire ispod haube“), te na taj način mogu da imaju precizniju kontrolu nad svojim eksperimentima.

²¹ <https://www.qualtrics.com/>

²² <https://gorilla.sc/>

²³ <https://www.millisecond.com/>

²⁴ <https://www.psychopy.org/>

²⁵ <https://osdoc.cogsci.nl/3.2/manual/osweb/>

²⁶ <https://www.jpspsych.org/>

²⁷ <https://lab.js.org/>

²⁸ <https://www.pytoolkit.org/>

²⁹ <https://pavlovia.org/>

³⁰ <https://www.jatos.org/>

³¹ <https://psiturk.org/>

³² <https://www.cognition.run/>

³³ <https://languagelearninglab.gitbook.io/pushkin/>

³⁴ <https://www.mturk.com/>

³⁵ <https://www.prolific.co/>

³⁶ <http://www.sona-systems.com/default.aspx>

³⁷ <https://www.figure-eight.com/>

³⁸ <https://worldlikeness.org/#>

³⁹ <https://www.gameswithwords.org/>

⁴⁰ <https://smallworldofwords.org/en/project>

⁴¹ <http://labinthewild.org/>

⁴² <https://www.themusiclab.org/>

⁴³ <https://testmybrain.org/>

Konačno, slobodni i otvoreni softver ima veću zajednicu entuzijasta koji spremno i brzo pomažu u rešavanju problema.

IV. Zaključak

Razvoj informacionih tehnologija i preduzumljivost istraživača doveli su do toga da slobodni i otvoreni softver koji služi za prikazivanje stimulusa i prikupljanje podataka vrlo brzo po svojim performansama postane podjednako kvalitetan kao i postojeća komercijalna rešenja, kako u istraživanjima koja se sprovedu u laboratorijskim uslovima, tako i u onima koja se odvijaju preko mreže. Pored toga, zahvaljujući entuzijazmu svojih tvorca (koji su često i sami naučnici koji primenjuju taj softver), neretko je brže davao odgovore na stroge i brzomenjajuće zahteve struke. Zahvaljujući tome, slobodni i otvoreni softver polako, ali sigurno preuzima dominaciju u oblasti eksperimentalno-psiholoških istraživanja.

Zahvalnica

Zahvaljujem se dr Đorđu Đurđeviću na kontinuiranoj pomoći i savetima u oblasti računarstva, softverskog inženjeringa i informacionih tehnologija. Hvala Kseniji Mišić na plodnim diskusijama i entuzijazmu koji delimo po pitanju prikupljanja podataka. Želela bih da izrazim zahvalnost i organizatorima besplatnih predavanja i radionica na temu prikupljanja podataka preko mreže, a to su: Stefanie Mueller i [Leibniz Institute for Psychology](http://leibniz-psychology.org)⁴⁴ (ZPID) za organizovanje radionice o primeni OSWeb aplikacije, Python-a i server Jatos u procesu prikupljanja podataka, Joshua Hartshorne i njegov tim za organizaciju radionice [Moving Research Online](http://movingresearchonline.com)⁴⁵, konzorcijum projekta Words in the World za organizovanje serije predavanja pod nazivom [WoW Open Office Hours](http://wowopenofficehours.com)⁴⁶, posvećenih prikupljanju podataka preko mreže, kao i Xenia Shmaltz sa Univerziteta u Minhenu za organizovanje serije predavanja pod nazivom [Psycholinguistics and Research Methods Webinar Series](http://psycholinguisticsandresearchmethods.com)⁴⁷. Svi oni su, nakon održanih radionica, materijale učinili dostupnim preko različitih platformi (do kojih se može doći praćenjem ovde navedenih linkova).

Rad na ovoj publikaciji delimično je podržan sredstvima sa projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije: ON 179033.

Literatura

- [1] Psychology Software Tools, Inc. [E-Prime 3.0]. 2016. Retrieved from <https://www.pstnet.com>.
- [2] Neurobehavioral Systems, Inc., Berkeley, CA. [Presentation 18.0]. 2020. Retrieved from www.neurobs.com
- [3] Cedrus Corporation, San Pedro, CA. [SuperLab 5]. 2014. Retrieved from www.cedrus.com
- [4] SR Research, Ottawa, Ontario, Canada [Experiment Builder] 2016. <https://www.sr-research.com/>
- [5] Millisecond Software, Seattle, WA. Inquisit 5 [Computer software] 2015. Retrieved from <https://www.millisecond.com>
- [6] Empirisoft, New York [DirectRT Version 2004.1.0.55]. 2004. <http://www.empirisoft.com>

⁴⁴ <http://leibniz-psychology.org/opensesame/>

⁴⁵ <http://www.movingresearchonline.info/>

⁴⁶ <http://wordsintheworld.ca/home/open-office-hours/>

⁴⁷ <https://osf.io/4gm65/>

- [7] C. Stahl, „Software for generating psychological experiments“, *Experimental Psychology*, vol. 53, pp. 218–232, 2006. <https://doi.org/10.1027/1618-3169.53.3.218>
- [8] K. I., Forster, & J. C., Forster, „DMDX: A Windows display program with millisecond accuracy“, *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, vol. 35, pp. 116–124, 2003. <https://doi.org/10.3758/BF03195503>
- [9] K. I., Forster, & C., Davis, C., „Repetition priming and frequency attenuation in lexical access“ *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, vol. 10, pp. 680–698, 1984. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.10.4.680>
- [10] P., Garaizar, U. D., Reips, „Visual DMDX: A web-based authoring tool for DMDX, a Windows display program with millisecond accuracy“, *Behavior Research Methods*, vol. 47(3), pp. 620–631, 2015. <https://doi.org/10.3758/s13428-014-0493-8>
- [11] J. W., Peirce, „PsychoPy - Psychophysics software in Python“, *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 162(1-2), pp. 8–13, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.11.017>
- [12] J. W., Peirce, „Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy“, *Frontiers in Neuroinformatics*, vol. 2(10), pp. 1–8, 2009. <https://doi.org/10.3389/neuro.11.010.2008>
- [13] J. W., Peirce, J. R., Gray, S., Simpson, M. R., MacAskill, R., Höchenberger, H., Sogo, E., Kastman, J., Lindeløv, „PsychoPy2: experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, vol. 51, pp. 195–203, 2019. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y>
- [14] J. W., Peirce, & M. R., MacAskill, „*Building Experiments in PsychoPy*“, London: Sage, 2018.
- [15] S., Mathôt, D., Schreij, & J., Theeuwes, „OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences“, *Behavior Research Methods*, vol. 44(2), pp. 314–324, 2012. <https://doi.org/10.3758/s13428-011-0168-7>
- [16] D. G., Pelli, „The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies“, *Spatial Vision*, vol. 10, pp. 437–442, 1997. <https://doi.org/10.1163/156856897X00366>
- [17] D. H., Brainard, „The Psychophysics Toolbox“, *Spatial Vision*, vol. 10, pp. 433–436, 1997. <https://doi.org/10.1163/156856897X0035>
- [18] S. T., Mueller, „The PEBL manual“, 2010. Retrieved from <http://pebl.sourceforge.net/>
- [19] J. D., Cohen, B., MacWhinney, M., Flatt, & J., Provost, „PsyScope: An interactive graphic system for designing and controlling experiments in the psychology laboratory using Macintosh computers“, *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, vol. 25, pp. 257–271, 1993. <https://doi.org/10.3758/BF03204507>
- [20] G., Stoet, „PsyToolkit - A software package for programming psychological experiments using Linux“, *Behavior Research Methods*, vol. 42(4), pp. 1096–1104, 2010. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.4.1096>
- [21] M., Stevens, J., Lammertyn, F., Verbruggen, A., Vandierendonck, „Tscope: A C library for programming cognitive experiments on the MS windows platform“, *Behavior Research Methods*, vol. 38(2), pp. 280–286, 2006. <https://doi.org/10.3758/bf03192779>
- [22] A. D., Straw, „Vision Egg: An open-source library for realtime visual stimulus generation“, *Frontiers in Neuroinformatics*, vol. 2, pp. 4, 2008. <https://doi.org/10.3389/neuro.11.004.2008>
- [23] D., Filipović Đurđević, & Đ., Đurđević, „UltraLab – Jednostavan i slobodan softver za izvođenje eksperimenata u okviru praktične nastave psihologije“, under review.
- [24] J. Henrich, S. J. Heine, A. Norenzayan. The weirdest people in the world? *Behavior and Brain Science*, 33(2-3), pp. 61–135, 2010. <https://doi.org/10.1017/S0140525X0999152X>
- [25] J. R., de Leeuw, „jsPsych: A JavaScript library for creating behavioral experiments in a web browser“, *Behavior Research Methods*, vol. 47(1), pp. 1–12, 2015. <https://doi.org/10.3758/s13428-014-0458-y>
- [26] F., Henninger, Y., Shevchenko, U. K., Mertens, P. J., Kieslich, & B. E., Hilbig, „lab.js: A free, open, online study builder“, 2019. <https://doi.org/10.31234/osf.io/fqr49>
- [27] G., Stoet, „PsyToolkit: A novel web-based method for running online questionnaires and reaction-time experiments“. *Teaching of Psychology*, vol. 44(1), pp. 24–31, 2017. <https://doi.org/10.1177/0098628316677643>

- [28] M., Kosinski, S. C., Matz, S. D., Gosling, V., Popov, & D., Stillwell, „Facebook as a research tool for the social sciences: Opportunities, challenges, ethical considerations, and practical guidelines“, *American Psychologist*, vol. 70(6), pp. 543–556, 2015. <https://doi.org/10.1037/a0039210>
- [29] D., Bridges, A., Pitio, M. R., MacAskill, J. W., Peirce, „The timing mega-study: comparing a range of experiment generators, both lab-based and online“, *PeerJ*, vol. 8, pp. e9414, 2020. <https://doi.org/10.7717/peerj.9414>
- [30] J. R., de Leeuw, & B. A., Motz, „Psychophysics in a Web browser? Comparing response times collected with JavaScript and Psychophysics Toolbox in a visual search task“, *Behavior Research Methods*, vol. 8(1), pp. 1-12, 2016. <https://doi.org/10.3758/s13428-015-0567-2>
- [31] J., Kim, U., Gabriel, P., Gygax, „Testing the effectiveness of the Internet-based instrument PsyToolkit: A comparison between web-based (PsyToolkit) and lab-based (E-Prime 3.0) measurements of response choice and response time in a complex psycholinguistic task“ PLoS ONE, vol. 14(9), pp. e0221802, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221802>
- [32] B.E., Hilbig, „Reaction time effects in lab- versus web-based research: Experimental evidence“, *Behavior Research Methods*, vol. 48(4), pp. 1718-1724, 2016. <https://doi.org/10.3758/s13428-015-0678-9>