



Veleučilište u Virovitici

Ekonomija, Turizam, Telekomunikacije i Računarstvo



ET²eR

Vol. VIII, br. 1,
2026.



Virovitica University of Applied Sciences

ECONOMICS, TOURISM, TELECOMMUNICATIONS AND COMPUTER SCIENCE



ET²eR

Vol. VIII, No. 1,
2026.

Impressum

Nakladnik/Publisher:

Veleučilište u Virovitici - Virovitica University of Applied Sciences

Glavni urednik/Editor in chief:

nas.izv.prof.dr.sc. Dejan Tubić, prof.struč.stud,
glavni urednik

Izvršni urednik/Executive Editor:

dr.sc. Željka Kadlec, prof.struč.stud.

Lektura/Linguistic Adviser:

Ivana Vidak Teskera, dipl.bibl. i prof.

Tehnički urednik/Technical Editor:

Siniša Kovačević, mag.ing.tech.inf., pred.

Adresa uredništva/Address of the Editorial Board:

Veleučilište u Virovitici
Matije Gupca 78, 33000 Virovitica
Tel: +385 33 721 099
Fax: +385 33 721 037
E-mail: urednik@vuv.hr

Naslovnica/Front Page:

Veleučilište u Virovitici/Virovitica University of Applied Science

Grafičko oblikovanje/Graphic Design:

Veleučilište u Virovitici/Virovitica University of Applied Science

Izlazi od/Since:

2019. godina/Year 2019.

Učestalost izlaženja časopisa/Publishing frequency:

Dva puta godišnje/Biannually

ISSN 2670-8930

DOI: <https://doi.org/10.70077/et2er>

Prava korištenja: časopis „ET²eR – ekonomija, turizam, telekomunikacije i računarstvo” je časopis u otvorenom pristupu. Sadržaj časopisa u cijelosti je besplatno dostupan. Korisnici smiju kopirati i distribuirati materijal te mijenjati, preoblikovati ili prerađivati materijal sve dok citiraju izvornik na odgovarajući način.



Ovaj časopis je licenciran pod [Creative Commons Imenovanje 4.0 međunarodna licencom](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Otvoreni pristup: Časopis ET²eR je časopis sa otvorenim pristupom, što znači da je sav sadržaj besplatno dostupan bez naknade i nema naknada za obradu članka (APC). Pojedinačnim korisnicima je dopušteno čitati, preuzimati, kopirati, distribuirati, ispisivati, pretraživati ili povezivati pune tekstove članka ili ih koristiti u bilo koju drugu zakonitu svrhu, bez prethodnog traženja dopuštenja od izdavača ili autora. To je u skladu s BOAI definicijom otvorenog pristupa.



Dijamantni časopis / Diamond Journal - Časopis je usklađen s kriterijima baze [Diamond Discovery Hub](https://www.diamondhub.org/)



Časopis je uvršten u **ERIH PLUS** (European reference index for the humanities and social sciences) bazu, čime je postao časopis koji se kategorizira u znanstvene radove druge skupine (a2).

Uredništvo/Editorial Board:

nas.izv.prof.dr.sc. Dejan Tubić, prof.struč.stud., glavni urednik, *Veleučilište u Virovitici, Virovitica, Hrvatska*

dr.sc. Željka Kadlec, prof.struč.stud., izvršna urednica, *Veleučilište u Virovitici, Virovitica, Hrvatska*

Siniša Kovačević, mag.ing.tech.inf., pred., tehnički urednik, *Veleučilište u Virovitici, Virovitica, Hrvatska*

dr.sc. Irena Bosnić, prof.struč.stud., članica, *Veleučilište u Virovitici, Virovitica, Hrvatska*

dr.sc. Anita Prelas Kovačević, prof.struč.stud., članica, *Veleučilište u Virovitici, Virovitica, Hrvatska*

dr.sc. Zrinka Blažević Bognar, prof.struč.stud., članica, *Veleučilište u Virovitici, Virovitica, Hrvatska*

dr.sc. Mladena Bedeković, prof.struč.stud., članica, *Veleučilište u Virovitici, Virovitica, Hrvatska*

dr.sc. Damir Ribić, prof.struč.stud., član, *Veleučilište u Virovitici, Virovitica, Hrvatska*

Ivan Heđi, dipl.ing., v.pred., član, *Veleučilište u Virovitici, Virovitica, Hrvatska*

Ivana Vidak Teskera, dipl.bibl. i prof., v.pred., članica, *Veleučilište u Virovitici, Virovitica, Hrvatska*

dr.sc. Rikard Bakan, v.pred., član, *Veleučilište u Virovitici, Virovitica, Hrvatska*

prof.dr.sc. Mato Bartoluci, član, *Ekonomski fakultet Zagreb, Zagreb, Hrvatska*

prof.dr.sc. Oliver Kesar, član, *Ekonomski fakultet Zagreb, Zagreb, Hrvatska*

prof.dr.sc. Željko Požega, član, *Ekonomski Fakultet u Osijeku, Osijek, Hrvatska*

doc.dr.sc. Saša Petar, prof.struč.stud., član, *Sveučilište Sjever, Koprivnica, Hrvatska*

dr.sc. Vlado Halusek, prof.struč.stud., član, *Osnovna škola Kloštar Podravski, Kloštar Podravski, Hrvatska*

dr.sc. Igor Petrović, prof.struč.stud., član, *Parpar d.o.o., Bjelovar, Hrvatska*

dr.sc. Sanela Vrkljan, v. pred., član, *Visoka škola Aspira, Zagreb, Hrvatska*

izv.prof.dr.sc. Đorđije Vasiljević, član, *Faculty of Sciences, University of Novi Sad, Department of Geography, Tourism and Hotel Management*

prof.dr.sc. Viktória Szente, član, *Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE) Kaposvár Campus, Institute of Agriculture and Food Economics, Kaposvár, Mađarska*

dr.sc. Joanna Pioch, član, *Faculty of Economics and Finance, Sopot University of Applied Sciences, Sopot, Poljska*

prof.dr.sc. Slagjana Stojanovska, član, *Skopje, Makedonija*

izv.prof.dr.sc. Ante Rončević, član, *Sveučilište Sjever, Hrvatska*

izv.prof.dr.sc. Petar Mišević, član, *Sveučilište Sjever, Hrvatska*

ET²eR

Predgovor

//

Časopis „ET²eR – ekonomija, turizam, telekomunikacije i računarstvo“ obuhvaća teme iz područja ekonomije, s posebnim naglaskom na poduzetništvo i menadžment, turizma, kao i teme iz domene informacijskih i komunikacijskih tehnologija te računalnog programiranja. Časopis se bavi i onim temama koje su povezane s problematikom interdisciplinarnog pristupa gore navedenih područja.

Časopis „ET²eR“ namijenjen je svima koji žele dati doprinos poticanju i razvijanju primijenjene stručne djelatnosti. Svrha časopisa je upoznavanje šire javnosti s novostima iz navedenih područja i popularizacija struke. Stoga ohrabrujem sve potencijalne autore da prijave svoje radove za objavljivanje.

Zahvaljujem se svim autorima, recenzentima, uredništvu časopisa na znanju i trudu uloženom na kreiranje ovog broja časopisa „ET²eR – ekonomija, turizam, telekomunikacije i računarstvo“.

//

Glavni urednik

nas.izv.prof.dr.sc. Dejan Tubić, prof. struč. stud.

ET²eR

Recenzenti - *Reviewers*

Marta Alić

Tehničko veleučilište u Zagrebu - *Zagreb University of Applied Sciences*

Božidar Jaković

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Marijana Špoljarić

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Vlado Halusek

Sveučilište Sjever – *University North*

Mladena Bedeković

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Dubravka Maras

Sveučilište Vrn - *Vrn University*

Siniša Kovačević

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Damir Vuk

Veleučilište u Virovitici (umirovljeni profesor) - *Virovitica University of Applied Sciences*

Ivana Vidak Teskera

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Rikard Bakan

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Dejan Tubić

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Nikolina Pleša Puljić

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Zrinka Blažević Bognar

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Damir Ribić

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Irena Bosnić

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Marko Hajba

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Kristijan Čović

Veleučilište Baltazar Zaprešić - *Baltazar Zaprešić Polytechnic*

Anita Prelas Kovačević

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Danijela Vakanjac

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Ivan Heđi

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Matko Zrnić

Veleučilište u Virovitici - *Virovitica University of Applied Sciences*

Sendi Deželić

Veleučilište Baltazar Zaprešić- *Baltazar Zaprešić Polytechnic*

Sadržaj

1. Točka promjene kao alternativa točki maksimalnog odstupanja umjerenju kognitivnog konflikta
A Change Point as an Alternative to the Maximum Deviation in Measuring Cognitive Conflict
Marko Maliković 1
2. Uloga kružne ekonomije u oblikovanju krizne otpornosti poduzeća u Hrvatskoj
The Role of the Circular Economy in Shaping Corporate Crisis Resilience in Croatia
Kadlec Željka 9
3. Upravljanje emocijama u visokoškolskom obrazovanju iz perspektive nastavnika i studenata
Emotion management in higher education from the perspective of teachers and students
Ivana Lacković, Katarina Dadić 20
4. Digitalna transformacija i diversifikacija usluga računovodstvenih servisa u Republici Hrvatskoj
Digital transformation and diversification of accounting services in the Republic of Croatia
Antal Balog, Ivana Dasović 27
5. Fiskalni izazovi digitalnih nomada u kontekstu međunarodne mobilnosti rada i turizma
Fiscal challenges of digital nomads in the context of international labor mobility and tourism
Bedeković Mladena 39
6. Implementacija regenerativnih praksi i transformacije destinacija u međunarodnom turizmu
Implementacija regenerativnih praksi i transformacije destinacija u međunarodnom turizmu
Jasmina Gržinić, Gaia Bogolin, Alessandro Manzin 47
7. Stres, izgaranje, stresori i samoprocjena kompetencija samopomoći učitelja osnovnih škola u gradu Virovitica
"Stress, burnout, stressors, and self-assessment of self-help competencies among primary school teachers in the Town of Virovitica"
Martina Blažević, Marijana Špoljarić, Jasenka Kolarić Barač 57

8. Utjecaj digitalne transformacije na poslovanje hotelskih opskrbnih lanaca: iskustvo jadranske regije 63
The impact of digital transformation on hotel supply chain operations: the experience of the Adriatic region
Luka Samaržija
9. Utjecaj digitalizacije poslovnih procesa na kontrolu troškova i učinkovitost građevinskih projekata – studija slučajeve 73
The Impact of Business Process Digitalization on Cost Control and the Efficiency of Construction Projects – A Multiple Case Study
Petra Musić
10. Tehnostres i zadovoljstvo poslom u bankarskom sektoru Technostress and job satisfaction in the banking sector 82
Amina Osmanhodžić, Amela Bešlagić
11. Sustav automatskog navodnjavanja temeljen na prediktivnom upravljanju modelom s IoT arhitekturom 88
Automatic Irrigation System Based on Model Predictive Control and IoT Architecture
Luka Kićinbaći
12. Automatizirano izvještavanje o aktualnim kibernetičkim prijetnjama 96
Latest cyber threats events automated reporting workflow
Enes Ciriković, Ivan Benke, Danijel Koprivanac, Matko Zrnić
13. Programska implementacija 2AFC eksperimenta u PsychoPy okruženju uz praćenje pokreta miša 104
Programmatic Implementation of a 2AFC Experiment in PsychoPy with Mouse Tracking
Marko Maliković



Točka promjene kao alternativa točki maksimalnog odstupanja u mjerenju kognitivnog konflikta

A Change Point as an Alternative to the Maximum Deviation in Measuring Cognitive Conflict

Marko Maliković¹

¹Filozofski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Sveučilišna avenija 4, 51000 Rijeka, Hrvatska, marko@uniri.hr

Sažetak

Pokreti računalnog miša ispitanika tijekom sudjelovanja u istraživanju predstavljaju vrstu parapodataka koja je posebno zanimljiva jer pruža dodatne uvide u način razmišljanja i proces odlučivanja ispitanika, a koji se ne mogu dobiti iz samih odgovora ili vremena reakcije. Maksimalno okomito odstupanje od idealne putanje jedna je od najčešće korištenih mjera kao kvantitativni pokazatelj kognitivnog konflikta u zadacima odlučivanja. Zbog relativno nejasne interpretacije te mjere, u ovom radu razmatra se alternativni pristup temeljen na razlici udaljenosti točaka putanje do ponuđenih odgovora u točki promjene određenoj CUSUM algoritmom. Sekundarnom analizom javno dostupnih podataka i primjenom linearnog mješovitog modela pokazuje se da eksperimentalni uvjet koji pokazuje efekt pri primjeni mjere maksimalnog odstupanja pokazuje efekt i pri primjeni tako definirane točke promjene. Rezultati upućuju na to da takva točka promjene može poslužiti kao valjana alternativa ili dopuna maksimalnom odstupanju, uz slične obrasce učinaka i potencijalno jasniju interpretaciju dinamike odlučivanja.

Ključne riječi

CUSUM, kognitivni konflikt, maksimalno odstupanje, pokreti računalnog miša, točka promjene

Abstract

Computer mouse movements of participants during the study represent a type of paradata that is particularly valuable because they offer additional insights into participants' thinking and decision-making processes that cannot be obtained from responses or reaction times alone. Maximum vertical deviation from the ideal trajectory is one of the most commonly used measures and serves as a quantitative indicator of cognitive conflict in decision-making tasks. Due to the relatively ambiguous interpretation of this measure, this paper considers an alternative approach based on the difference in distances between trajectory points and the response options at the change-point identified using the CUSUM algorithm. Using a secondary analysis of publicly available data and a linear mixed model, the analysis shows that an experimental condition that exhibits an effect when using maximum deviation also shows an effect when using the change-point defined in this way. The results suggest that such a change-point may serve as a valid alternative or complement to maximum deviation, exhibiting similar patterns of effects and potentially providing a clearer interpretation of decision-making dynamics.

Keywords

CUSUM, cognitive conflict, maximum deviation, computer mouse movements, change-point

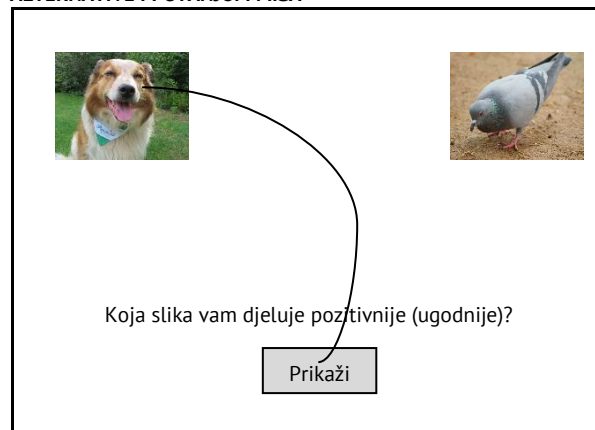
Uvod

Parapodaci su podaci o procesu sudjelovanja u istraživanju, a ne oni koji su predmet istraživanja. Parapodaci nastaju iz interakcije sudionika s instrumentima istraživanja dok odgovara na pitanja ili rješava zadatke. U ovom radu razmatraju se parapodaci nastali tijekom interakcije sudionika s računalnim instrumentima istraživanja. Oni se obično dijele na nekoliko tipova: *parapodatke o pristupu*, poput vremena pristupa, trajanja i vrste uređaja; *parapodatke o odgovaranju*, poput vremena reakcije i promjena u odgovorima; te *parapodatke o procesu odgovaranja*, koji uključuje pokrete računalnog miša, skrolanje i navigaciju među pitanjima (Kroehne i Goldhammer, 2018). Pokreti računalnog miša su posebno zanimljivi jer pružaju dodatne informacije o načinu razmišljanja i procesu odlučivanja ispitanika koje se ne mogu dobiti iz samih odgovora ili vremena reakcije. Danas postoje razvijene platforme i alati za prikupljanje pokreta računalnog miša i njihovu kasniju obradu i analizu kao što su na primjer *JATOS* (Lange i sur., 2015) i *Mousetrap* (Kieslich i Henninger, 2017). Da bi prikupljanje i analiza pokreta miša dala najbolje rezultate, potrebno je pažljivo osmisliti dizajn računalnog testa. Spivey i sur. (2005) su osmislili i primijenili eksperimentalni dizajn testa prisilnog izbora s dvije alternative, koji se i danas široko primjenjuje, a služi za mjerenje kognitivne aktivnosti pri odlučivanju (Schoemann i sur., 2020). U toj vrsti testa se u zadacima od ispitanika traži da od dvije ponuđene opcije odabere jednu i ne postoji mogućnost odgovora "Ne znam", "Nisam siguran" ili da ispitanik uopće ne odgovori (Leontyev i Yamauchi, 2021). U računalnom dizajnu takvog testa se ispitaniku najprije na dnu ekrana prikazuje početni gumb na koji treba kliknuti mišem da bi se pojavio podražaj ili mogući odgovori. Nakon toga ispitanik daje odgovor klikom na jedan od dva ponuđena odgovora u lijevom i desnom gornjem dijelu ekrana. Tijekom procesa odgovaranja, odnosno dok ispitanik dovodi pokazivač miša od početnog položaja do odgovora, bilježe se njegovi pokreti. Svrha polaznog gumba je u tome da sve putanje miša počnu na istom mjestu što kasnije omogućava njihovu zajedničku obradu i međusobno uspoređivanje, bilo da pripadaju istom ili različitim ispitanicima. Na slici je prikazan primjer računalnog testa prisilnog izbora s dvije alternative u kojem ispitanici od dvije prikazane slike na zaslonu biraju

onu koja je za njih emocionalno pozitivnija i zabilježenu putanju računalnog miša (Slika 1.).

U obliku računalnih testova prisilnog izbora s dvije alternative se često dizajniraju i testovi implicitnih asocijacija¹ (Hehman i sur., 2015). Takvi testovi služe za mjerenje veza među pojmovima koje se nalaze izvan naše svjesne kontrole kao što je na primjer test implicitnih asocijacija za mjerenje rasnih predrasuda (Greenwald i sur., 1998).

SLIKA 1. RAČUNALNI DIZAJN TESTA PRISILNOG IZBORA S DVIJE ALTERNATIVE I PUTANJOM MIŠA



Izvor: autor

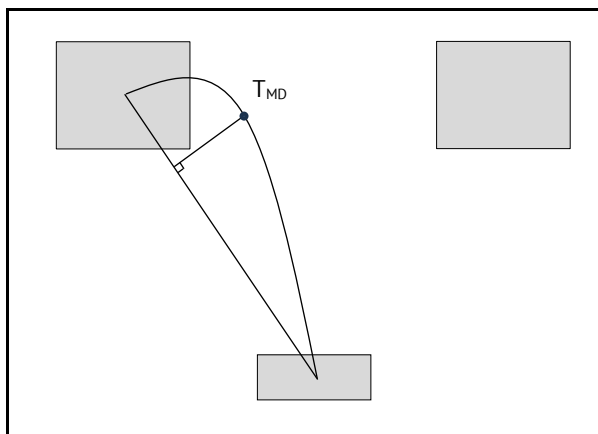
Glavna pretpostavka koja leži u pozadini mjerenja pokreta računalnog miša je da se iz karakteristika pokreta može doći do nekih zaključaka o tijeku mentalnog procesa kod ispitanika tijekom odgovaranja. Mjerenjem pokreta računalnog miša pokušava se preciznije zahvatiti proces donošenja odluke. Zabilježeni pokreti miša omogućavaju da se zatim iz njih izračunaju razne mjere. Jedna od njih je na primjer maksimalno okomito odstupanje od ravne linije prema alternativnom odgovoru, gdje ravna linija spaja početnu i završnu točku putanje (Slika 2.). Veličina tog odstupanja bi trebala biti pokazatelj stupnja kolebanja ispitanika između ponuđenih odgovora.

Maksimalno okomito odstupanje je samo jedna od mjera *zakrivljenosti putanje*. U te mjere još spadaju maksimalno apsolutno odstupanje od ravne linije u bilo kojem smjeru, srednje odstupanje svih okomitih odstupanja i površina ispod putanje (Kieslich i sur., 2019). U mjere *složenosti putanje* koje su povezane s općom nesigurnosti tijekom odgovaranja (Cheng i González-Vallejo, 2017) spadaju X-flipovi odnosno broj sitnijih promjena smjera miša duž osi x, X-reverzije odnosno broj stvarnih promjena preferencije između ponuđenih odgovora koje se manifestiraju kao presijecanja mišem osi y koja

¹ Engl. *Implicit association test - IAT*.

prolazi okomito po sredini ekrana, kao i entropija koja mjeri sveukupni stupanj nepravilnosti i nepredvidljivosti putanje, a računa se složenim matematičkim postupkom opisanim u (Helman i sur., 2015). U mjere *intenziteta kretanja* računalnog miša spadaju ukupna duljina putanje, maksimalna brzina kretanja i maksimalno ubrzanje. Na kraju su *vremenske mjere* vezane uz pomicanje računalnog miša kao što su vrijeme inicijacije pokreta (vrijeme kada je miš prvi put pomaknut) i vrijeme mirovanja (ukupno vrijeme tijekom kojeg nije bilo nikakvih pokreta miša). Neki autori kao Meyer i sur. (2024) daju i neke dodatne mjere kao što su srednja brzina i srednje ubrzanje miša, a (Dale i sur., 2008) i (Duran i sur., 2010) se bave vremenom latencije² i uz njega vezanom regijom latencije (krugom s određenim polumjerom oko polazne točke). Pokreti miša u regiji latencije se ponekad promatraju odvojeno jer, prema pretpostavci autora, ispitanici u toj regiji tek formiraju svoju preferenciju prema određenom odgovoru.

SLIKA 2. PRIMJER PUTANJE RAČUNALNOG MIŠA S TOČKOM MAKSIMALNOG ODSUPANJA



Izvor: autor

Do sada je provedeno dosta istraživanja s testovima prisilnog izbora s dvije alternative u kojima su se razne od opisanih mjera pokazale značajnim prediktorima veličine kognitivnog konflikta. U ovom radu razmatra se maksimalno odstupanje, koje je ujedno i najčešće analizirana mjera. U (Grundy, 2022) su za mjerenje kognitivnog konflikta prilikom odabira odgovora upotrijebljena dva klasična psihologijska testa: Flankerov test (Eriksen i Eriksen, 1974) i Stroopov test (Stroop, 1935). Testovi su prilagođeni na način da su mogli

pratiti pokrete miša koji su kasnije analizirani umjesto klasičnog vremena reakcije. U Flankerovom testu se ispitanicima prikazuju podražaji u obliku niza od pet strelica koje pokazuju u desnu ili u lijevu stranu. Postoje dva uvjeta zadatka: kongruentni i nekongruentni. U kongruentnom uvjetu su sve strelice usmjerene prema lijevo ili prema desno (<<<<< ili >>>>>) dok je u nekongruentnom uvjetu središnja strelica usmjerena suprotno od strelica koje ju okružuju (<<<<< ili >>>>>). Zadatak ispitanika je odrediti orijentaciju središnje strelice, pritom zanemarujući simbole koji ju okružuju. Nakon što bi ispitanici kliknuli na gumb *Start* na dnu ekrana, pojavio bi se podražaj, a oni su trebali odrediti smjer središnje strelice klikom na gumb *Lijevo* ili gumb *Desno* u gornjem lijevom ili gornjem desnom dijelu ekrana. U Stroopovom testu ispitanici dobivaju podražaje u obliku riječi koje označavaju boje ali su riječi ispisane različitim bojama. Ako se značenje riječi poklapa s bojom kojom je riječ ispisana (na primjer, riječ "crveno" napisana crvenom bojom) tada je to kongruentni uvjet, a ako se ne poklapa (na primjer, riječ "crveno" napisana plavom bojom) tada je to nekongruentni uvjet. Zadatak se sastoji u tome da je potrebno imenovati boju kojom je riječ ispisana, a zanemariti značenje riječi. Mogući odgovori koji su ispitanicima ponuđeni u gornjem lijevom i desnom dijelu ekrana su riječi koje označavaju boje (npr. *Crveno* i *Plavo*). U oba testa je sudjelovao 71 ispitanik i svaki je odgovorio na 96 Flankerovih i na 96 Stroopovih zadataka. Zbog izbjegavanja efekta redosljeda jedan dio ispitanika je najprije pristupao Flankerovom testu, a zatim Stroopovom, a drugi dio ispitanika obrnuto. Unutar samih testova su pojedini zadaci prikazivani po slučaju. U obzir su uzeti samo pokušaji s točnim odgovorima, a s obzirom na to da su sudionici dobivali povratne informacije u slučaju pogrešaka, isključeni su i pokušaji koji su slijedili odmah nakon pogrešaka. Na takav način se sprječava da reakcije nakon pogrešaka iskrivljuju rezultate. Ukupno je pogrešaka bilo vrlo malo: 1,2% u Flankerovom i 2,6% u Stroopovom testu. Analiza je pokazala ono što se i očekivalo, odnosno značajan efekt uvjeta (kongruentni vs. nekongruentni) na maksimalno odstupanje (varijabla MD). Preciznije rečeno, veća maksimalna odstupanja su bila kod nekongruentnih nego kod kongruentnih zadataka i to u slučaju oba testa: za Flanker: ANOVA, $F(1, 69) = 289.7$, $p < .001$, za Stroop: ANOVA, $F(1, 69) = 116.26$, $p < .001$.

² Vrijeme latencije je vrijeme koje protekne od pojave podražaja do početka reakcije na taj podražaj odnosno početnog pokreta miša.

Drugi primjer značajnosti mjere maksimalnog odstupanja računalnog miša je istraživanje koje su proveli Gatti i sur. (2024). U njemu su analizirani učinci semantičke razlike između riječi kroz dva eksperimenta: korištenjem tipkovnice u prvom koji nam za ovaj rad nije zanimljiv i praćenjem računalnoga miša u drugom. Sudionicima su slučajnim redoslijedom prikazivani parovi riječi i od njih se tražilo da odaberu apstraktniju ili konkretniju riječ. Rezultati su pokazali da je veća semantička povezanost između riječi povezana s većim maksimalnim odstupanjem putanje miša prema alternativnom odgovoru, što opet upućuje na izraženiji kognitivni konflikt tijekom donošenja odluke.

I u nekim drugim istraživanjima kao na primjer u (Kieslich i Hilbig, 2014), (McKinstry i sur., 2008) i (O’Hora i sur., 2016) su analize maksimalnih odstupanja pokazale slične rezultate. I analize mjera u testovima implicitnih asocijacija, kao što je već spomenuti test za mjerenje rasnih predrasuda, su pokazale da što je nesigurnost u odabir između dva ponuđena odgovora bila veća to je maksimalno odstupanje bilo veće (Di Palma i sur., 2022). Osim mjere maksimalnog odstupanja, i druge mjere zakrivljenosti putanje miša najčešće upućuju na stupanj kolebanja odnosno konflikta prilikom odlučivanja. Na primjer, srednje odstupanje putanje od ravne linije se je pokazalo značajno većim u eksperimentima koja su proveli i opisali Cheng i González-Vallejo (2017), a površina ispod putanje se je pokazala značajno većom u istraživanju koje su proveli Stillman i sur. (2018). Svakako je važno istaknuti da, iako se način izračunavanja različitih mjera zakrivljenosti putanje razlikuje, u praksi njihove vrijednosti vrlo često i međusobno jako koreliraju (Kieslich i sur., 2019).

1. Točka maksimalnog odstupanja i točka promjene

Kao što je vidljivo iz većine spomenutih radova, maksimalno odstupanje od ravne linije se često koristi kao kvantitativni pokazatelj veličine kognitivnog konflikta. Takva je praksa razumljiva s obzirom na intuitivnost i jednostavnost izračuna te mjere. Međutim, unatoč širokoj primjeni, teorijska interpretacija maksimalnog odstupanja ostaje djelomično otvorena. Naime, maksimalno odstupanje je definirano u odnosu na idealiziranu ravnu putanju odnosno liniju između početne i ciljne točke, a ne u odnosu na stvarnu prostornu poziciju odabranog i alternativnog odgovora. Zbog toga veza između maksimalnog odstupanja i stupnja aktivacije

konkurentne opcije nije nužno jednoznačna. Drugim riječima, veće odstupanje od idealne ravne linije ne mora uvijek odgovarati većoj blizini alternativnom odgovoru u geometrijskom ili funkcionalnom smislu. Dodatno, dinamika same putanje može upućivati na to da je odluka donesena i prije nego što se postigne točka maksimalnog odstupanja. U takvim slučajevima maksimalno odstupanje može odražavati naknadne motoričke prilagodbe, a ne nužno vrhunac kognitivnog konflikta. Iz tih razloga, maksimalno odstupanje može se promatrati kao jedna od operacionalizacija konflikta, ali njegova interpretacija nije u potpunosti jednoznačna te ostaje otvorena za daljnje teorijsko i empirijsko razjašnjenje, kao i za razmatranje alternativnih mjera.

Kao alternativna mjera maksimalnom odstupanju, u ovom se radu razmatra razlika D između udaljenosti točaka putanje do dvaju ponuđenih odgovora. Za svaku točku (x_i, y_i) na putanji ona se računa prema formuli:

$$D = D_O - D_A \quad (1)$$

gdje su D_O i D_A euklidske udaljenost do odabranog, odnosno alternativnog odgovora. Ako su (x_o, y_o) koordinate odabranog odgovora, tada se koordinate alternativnog odgovora dobivaju refleksijom preko y -osi koja prolazi simetrično između ponuđenih odgovora, tj. $(x_o, y_o) \rightarrow (-x_o, y_o)$. Dakle, udaljenosti se računaju prema formulama:

$$D_O = \sqrt{(x_i - x_K)^2 + (y_i - y_K)^2} \quad (2)$$

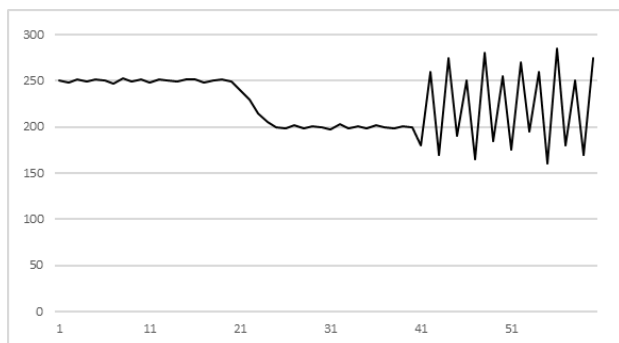
$$D_A = \sqrt{(x_i + x_K)^2 + (y_i - y_K)^2} \quad (3)$$

Za točke na početku putanje, odnosno u blizini početnog gumba, vrijednosti mjere D bliske su nuli. Nadalje, vrijednost D pozitivna je ako je točka putanje bliža alternativnom nego odabranom odgovoru, a negativna ako je bliža odabranom nego alternativnom odgovoru. Na kraju putanje vrijednost D postaje jednaka negativnoj udaljenosti između ponuđenih odgovora.

Za tako definiranu razliku D pretpostavlja se da predstavlja mjeru koja tijekom cijelog procesa odgovaranja kontinuirano odražava kompeticiju između ponuđenih odgovora.

Umjesto točke u kojoj se postiže maksimalno odstupanje prema alternativnom odgovoru, u ovom se radu određuje i koristi takozvana *točka promjene*³, odnosno procijenjena točka u kojoj dolazi do promjene u statističkim svojstvima nekog niza podataka (Page, 1954), u ovom slučaju u statističkim svojstvima razlike D . Točka promjene je procjena prijelaza iz faze neodlučnog kretanja računalnog miša u fazu stabilnog kretanja prema odabranom odgovoru. Postoje razna statistička svojstva niza podataka u kojima može doći do promjene kao što su aritmetička sredina, varijanca, trend u regresiji i tako dalje. Kao primjer, na slici je prikazan graf brzine tipkanja (znakova/min) osobe tijekom jednog sata rada na računalu (Slika 3.). Na apscisi su prikazane minute, a na ordinati broj udaraca. Intuitivno se može zaključiti da su značajne promjene u brzini nastupile oko dvadesete minute (pad srednjeg broja znakova uslijed umora ali je tipkanje još uvijek kontrolirano) i oko četrdesete minute (promjena u varijanci uslijed gubitka fokusa - povremeno se tipka brzo, a povremeno sporo).

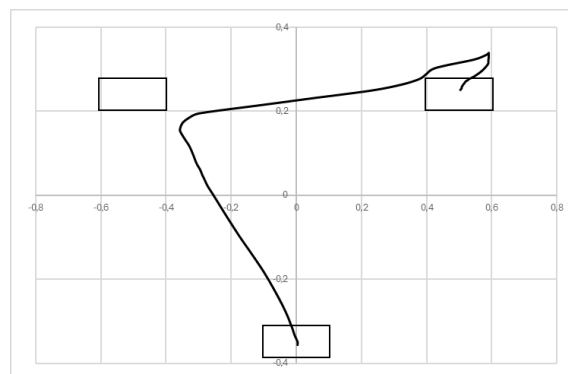
SLIKA 3. BRZINA TIPKANJA (ZNAKOVA/MIN) TIJEKOM JEDNOG SATI



Izvor: autor

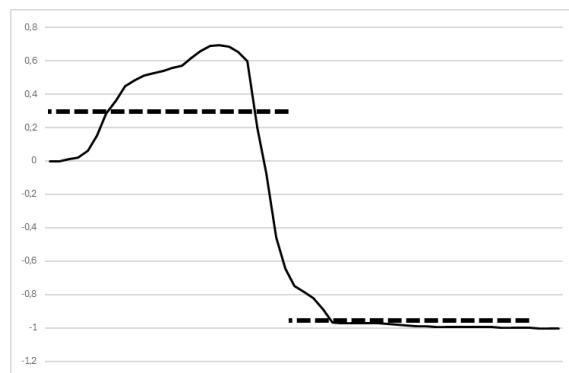
U slučaju podataka o razlikama u udaljenosti točaka putanje miša do ponuđenih odgovora očekuje se da će u jednom trenutku doći do značajne promjene u aritmetičkoj sredini tih razlika. Na slikama je prikazan primjer putanje iz istraživanja (Grundy, 2022) (Slika 4.) i skup pripadnih razlika udaljenosti (Slika 5.). Vidi se da u jednom trenutku dolazi do značajnog pada odnosno do snažne promjene u srednjim vrijednostima razlika udaljenosti.

SLIKA 4. PUTANJA MIŠA TIJEKOM ODGOVARANJA



Izvor: autor

SLIKA 5. RAZLIKE UDALJENOSTI DO PONUĐENIH ODGOVORA ZA PUTANJU NA SLICI 4 I PROMJENA SREDNJIH VRIJEDNOSTI TIH RAZLIKA



Izvor: autor

Za izračunavanje točke promjene u srednjoj vrijednosti niza podataka može se upotrijebiti CUSUM (CUMulative SUM) algoritam (Montgomery, 2012). Općenito, CUSUM algoritmom se računaju kumulativne sume odstupanja pojedinih vrijednosti od prosjeka podataka i promatraju se mjesta gdje kumulativne sume dosežu ekstremne vrijednosti. Formalno se verzija CUSUM algoritma koja odgovara pronalaženju točke promjene u ovom radu može izložiti na sljedeći način:

Neka je x_1, x_2, \dots, x_n niz brojeva.

1. Izračuna se prosjek niza:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

2. Izračunaju se kumulativne sume:

$$S_t = \sum_{i=1}^t (x_i - \bar{x}) \quad (5)$$

³ Engl. *Change-Point*.

3. Točka promjene definira se kao indeks τ u kojem kumulativna suma S_t postiže svoju maksimalnu vrijednost:

$$\tau = \operatorname{argmax}_{t \in \{1, \dots, n\}} S_t \quad (6)$$

2. Cilj rada

Cilj ovog rada je ispitati može li se veličina kognitivnog konflikta tijekom donošenja odluke u testovima prisilnog izbora s dvije alternative opisati pomoću razlike udaljenosti do ponuđenih odgovora u točki promjene dobivenoj CUSUM algoritmom (opisana mjera bit će označena s RUTP) umjesto/uz uobičajenu mjeru maksimalnog odstupanja putanje od idealne ravne linije.

Kako bi se testirao postavljeni cilj, upotrijebljeni su javno dostupni podaci iz istraživanja koje je proveo Grundy (2022), opisanog u uvodu ovog rada. Sukladno rezultatima iz originalnog istraživanja, očekuje se značajan efekt eksperimentalnog uvjeta (kongruentni vs. nekongruentni) na varijablu RUTP i to u slučaju Flankerovog testa i Stroopovom testa. Preciznije rečeno, za oba testa se očekuju veće vrijednosti RUTP kod nekongruentnih nego kod kongruentnih zadataka.

3. Metoda

3.1. Podaci

Podaci o koordinatama točaka putanja iz istraživanja (Grundy, 2022) koji su preuzeti sa javno dostupnog servisa⁴ su normalizirani na jednak broj točaka (na 101 točku). Normalizacija je uobičajen postupak koji se često provodi da bi putanje bile međusobno usporedive i implementirana je u programima za obradu i analizu pokreta računalnog miša (Wulff i sur., 2025). Iz preuzetih podataka je za svaku putanju izračunat niz razlika udaljenosti do ponuđenih odgovora i zatim primijenjen CUSUM algoritam da bi se odredila točka promjene i pripadna razlika udaljenosti (RUTP) u toj točki. Vrijednosti varijable RUTP su zatim korištene u statističkim analizama. Važno je napomenuti da dobivena točka promjene predstavlja indeks na normaliziranoj osi putanje na 101 točku, a ne stvarno vremensko obilježje kretanja. Slijedom toga, normalizacija omogućuje usporedivost putanja, ali istovremeno dovodi do gubitka izvorne vremenske dinamike kretanja.

Statističke analize opisane u nastavku provedene su u statističkom softveru Jasp, verzija 0.96.

3.2. Analiza

Prije glavne analize dodatno je ispitana efekat eksperimentalnog uvjeta (kongruentni vs. nekongruentni) uz rezultate koje su autori dobili ANOVA analizom u (Grundy, 2022), najprije u slučaju Flankerovog testa. Cijela analiza je prenesena u linearni mješoviti model (LMM), koji omogućuje analizu na razini pojedinačnih pokušaja i uključivanje varijabilnosti između ispitanika (West i sur., 2014). Eksperimentalni uvjet korišten je kao nezavisna varijabla, dok je zavisna varijabla bila maksimalno odstupanje putanje (MD), pri čemu je u model uključen nasumični presjek za ispitanike kako bi se kontrolirala varijabilnost među njima. Rezultati LMM-a pokazali su gotovo identičan obrazac kao i ANOVA iz originalne analize: $F(1, 69.14) = 291.4, p < .001$, što dodatno potvrđuje robusnost dobivenog efekta.

Nakon toga je primjenom analognog linearnog mješovitog modela ali uz varijablu RUTP umjesto MD ispitano kakav je efekt istog uvjeta zadatka na RUTP.

I u slučaju Stroopovog testa je najprije dodatno ispitana efekat eksperimentalnog uvjeta iz originalnog rada i isto tako prenesena cijela analiza na linearni mješoviti model analognog Flankerovom testu. Rezultati su opet pokazali gotovo identičan obrazac provedenoj ANOVA analizi u originalnom radu: $F(1, 69.27) = 127.8, p < .001$.

Kako bi se zatim analognog Flankerovom testu ispitalo kakav je efekt uvjeta zadatka na RUTP u Stroopovom testu, primijenjen je ponovno linearni mješoviti model sa RUTP kao zavisnom varijablom i u model su uključeni nasumični presjeci za ispitanike.

4. Rezultati

Deskriptivni pokazatelji varijable RUTP prikazani su u Tablici 1. U Flankerovom testu prosječna vrijednost varijable RUTP bila je niža u kongruentnom ($M = 0.392, SD = 0.151$) nego u nekongruentnom uvjetu ($M = -0.264, SD = 0.191$). Slično tome, u Stroopovom testu prosječna vrijednost varijable RUTP bila je niža u kongruentnom ($M = -0.308, SD = 0.207$) nego u nekongruentnom uvjetu ($M = -0.225, SD = 0.233$).

⁴ Na adresi <https://figshare.com/s/c400f6f726d7e85ff989>

TABLICA 1. Deskriptivna statistika varijable RUTP po eksperimentalnim uvjetima

Test	Uvjet	N	M	SD
Flanker	Kongruentni	3347	-0.392	0.151
Flanker	Nekongruentni	3295	-0.264	0.191
Stroop	Kongruentni	3374	-0.308	0.207
Stroop	Nekongruentni	3263	-0.225	0.233

M = aritmetička sredina; SD = standardna devijacija

Izvor: autor

U slučaju Flankerovog testa su rezultati linearnog mješovitog modela pokazali značajan efekt eksperimentalnog uvjeta, $F(1, 69.32) = 230.1$, $p < .001$, pri čemu su vrijednosti varijable RUTP bile veće za nekongruentne nego za kongruentne zadatke, što je i očekivano u uvjetima većeg kognitivnog konflikta.

I u slučaju Stroopovog testa su rezultati linearnog mješovitog modela također pokazali značajan efekt eksperimentalnog uvjeta, $F(1, 68.68) = 130.6$, $p < .001$, pri čemu su vrijednosti varijable RUTP bile veće za nekongruentne nego za kongruentne zadatke, što je opet očekivano u uvjetima većeg kognitivnog konflikta.

Procijenjene marginalne sredine (EMM) dobivene iz linearnih mješovitih modela pokazale su dosljedan obrazac učinka uvjeta u oba zadatka. U Flankerovom zadatku, procijenjene sredine ukazuju na niže vrijednosti u kongruentnim uvjetima (EMM = -0.392, SE = 0.004, 95% CI [-0.400, -0.384]) u odnosu na nekongruentne uvjete (EMM = -0.264, SE = 0.008, 95% CI [-0.279, -0.248]). Sličan obrazac dobiven je i u Stroopovom zadatku, gdje su vrijednosti također bile niže u kongruentnim uvjetima (EMM = -0.308, SE = 0.007, 95% CI [-0.321, -0.295]) nego u nekongruentnim uvjetima (EMM = -0.224, SE = 0.008, 95% CI [-0.239, -0.208]).

Dodatno je provedena analiza osjetljivosti uklanjanjem rubnih vrijednosti (outliera), definiranih kao pokušaja čija je apsolutna vrijednost z-vrijednosti prelazila 3 ($|z| > 3$). Broj identificiranih rubnih vrijednosti bio je vrlo malen te je iznosio 56 pokušaja (0,84%) u Flankerovom zadatku i 59 pokušaja (0,89%) u Stroopovom zadatku. Nakon njihova uklanjanja rezultati su ostali stabilni. U Flankerovom zadatku i dalje je zabilježen značajan efekt uvjeta, $F(1, 69.25) = 249.8$, $p < .001$, kao i u Stroopovom zadatku, $F(1, 68.27) = 126.8$, $p < .001$. To pokazuje da prisutnost rubnih vrijednosti nije utjecala na zaključke o učinku eksperimentalnog uvjeta.

U promatranom skupu podataka RUTP pokazuje vrlo visoku korelaciju s aritmetičkom sredinom mjere D ($r = 0.95$), te umjerene korelacije s maksimalnim

odstupanjem ($r = 0.60$) i površinom ispod putanje ($r = 0.62$), što ukazuje da je položaj CUSUM maksimuma snažno određen ukupnom (globalnom) razinom niza D , ali i da je djelomično povezan s obrascem promjene kroz putanju.

U svrhu ispitivanja inkrementalne valjanosti provedeni su dodatni linearni mješoviti modeli (LMM) za Flankerov i Stroopov zadatak, pri čemu je maksimalno odstupanje (MD) korišteno kao zavisna varijabla, a eksperimentalni uvjet (kongruentni- nekongruentni) i RUTP kao fiksni prediktori, uz uključene nasumične presjeke za ispitanike. U Flankerovom zadatku utvrđen je značajan efekt uvjeta, $F(1, 66.64) = 238.00$, $p < .001$, kao i značajan efekt RUTP-a, $F(1, 65.92) = 486.00$, dok je u Stroopovom zadatku također dobiven značajan efekt uvjeta, $F(1, 68.79) = 63.69$, $p < .001$, te značajan efekt RUTP-a, $F(1, 68.19) = 1143$, $p < .001$. Ovi rezultati pokazuju da RUTP objašnjava dodatni dio varijance maksimalnog odstupanja (MD) iznad i neovisno o eksperimentalnom uvjetu, što upućuje na njegov jedinstveni doprinos u predikciji MD-a, a dodatno se pokazuje da primjena razlike udaljenosti do ponuđenih odgovora u točki promjene određenoj CUSUM algoritmom konzistentno reproducira obrazac učinka eksperimentalnog uvjeta, dobiven i kod mjere maksimalnog odstupanja od idealne ravne putanje u oba zadatka, odnosno u Flankerovom i Stroopovom testu.

5. Zaključci

Rezultati upućuju na to da razlika udaljenosti od ponuđenih odgovora u točki promjene dobivenoj CUSUM algoritmom (RUTP) može služiti kao alternativa ili dopuna maksimalnom odstupanju u zadacima odlučivanja, uz reprodukciju sličnih obrazaca učinaka i potencijalno jasniju interpretaciju dinamike putanje. Za razliku od maksimalnog odstupanja, koje opisuje samo najveće odstupanje putanje, RUTP opisuje točku u kojoj dolazi do promjene režima kretanja putanje, odnosno promjene dominantnog obrasca kretanja. Zbog toga RUTP može omogućiti intuitivnije tumačenje dinamike odlučivanja te pružiti dodatnu informaciju o trenutku u kojem dolazi do statistički detektirane promjene u putanji, koju se u ovom radu interpretira kao prijelaz prema usmjeravanju k odabranom odgovoru.

Literatura

- [1] Cheng, J., González-Vallejo, C. (2017): *Action Dynamics in Intertemporal Choice Reveal Different Facets of Decision*

- Process. Journal of Behavioral Decision Making* Vol 30 br. 1 (107-122)
- [2] Dale, R., Roche, J., Snyder, K., McCall, R. (2008): *Exploring action dynamics as an index of paired-associate learning. PLoS ONE* Vol 3 br. 3: e1728
- [3] Di Palma, M., Carioti, D., Arcangeli, E., Rosazza, C., Ambrogini, P., Cuppini, R., Minelli, A., Berlinger, M. (2022): *The biased hand. Mouse-tracking metrics to examine the conflict processing in a race-implicit association test. PLoS ONE* Vol 17 br. 7 (1-21)
- [4] Duran, N. D., Dale, R., McNamara, D. (2010): *The action dynamics of overcoming the truth. Psychonomic Bulletin & Review* Vol 17 br. 4 (486-491)
- [5] Eriksen, B. A., Eriksen, C. W. (1974): *Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. Perception & Psychophysics* Vol 16 (143-149)
- [6] Gatti, D., Marelli, M., Rinaldi, L. (2024): *Predicting Hand Movements With Distributional Semantics: Evidence From Mouse-Tracking. Cognitive Science*, Vol 48 br. 1: e13372
- [7] Greenwald, A. G., McGhee, D. E., Schwartz, J. L. K. (1998): *Measuring individual differences in implicit cognition: The Implicit Association Test. Journal of Personality and Social Psychology* Vol 74 br. 6 (1464-1480)
- [8] Grundy, J. G. (2022): *The Specificity and Reliability of Conflict Adaptation: A Mouse-Tracking Study. Frontiers in Psychology* Vol 12
- [9] Hehman, E., Stolier, R. M., Freeman, J. B. (2015): *Advanced mouse-tracking analytic techniques for enhancing psychological science. Group Processes & Intergroup Relations* Vol 18 br. 3 (384-401)
- [10] Kieslich, P. J., Henninger, F. (2017): *Mousetrap: An integrated, open-source mouse-tracking package. Behavior Research Methods* Vol 49 (1652-1667)
- [11] Kieslich, P. J., Henninger, F., Wulff, D. U., Haslbeck, J., Schulte-Mecklenbeck, M. (2019): *Mouse-tracking: A practical guide to implementation and analysis. In: Schulte-Mecklenbeck, M., Kuehberger, A., Johnson, J. G. (eds.) A handbook of process tracing methods. New York: Routledge*
- [12] Kieslich, P. J., Hilbig B. E. (2014): *Cognitive conflict in social dilemmas: An analysis of response dynamics. Judgment and Decision Making* Vol 9 br. 6 (510-522)
- [13] Kroehne, U., Goldhammer, F. (2018): *How to conceptualize, represent, and analyze log data from technology-based assessments? A generic framework and an application to questionnaire items. Behaviormetrika*, Vol 45 br. 2 (527-563)
- [14] Lange, K., Kühn, S., Filevich, E. (2015): *Just Another Tool for Online Studies (JATOS): An Easy Solution for Setup and Management of Web Servers Supporting Online Studies. PLoS ONE* Vol 10 br. 6 (1-14)
- [15] Leontyev, A., Yamauchi, T. (2021): *Discerning Mouse Trajectory Features With the Drift Diffusion Model. Cognitive Science* Vol 45 br. 10:e13046
- [16] McKinstry, C., Dale, R., Spivey, M. J. (2008): *Action Dynamics reveal parallel competition in decision making. Psychological Science* Vol 19 br. 1 (22-24)
- [17] Meyer, T., Kim, A. D., Spivey, M., Yoshimi, J. (2024): *Mouse tracking performance: A new approach to analyzing continuous mouse tracking data. Behavior Research Methods* Vol 56 (4682-4694)
- [18] Montgomery, D. C. (2012): *Introduction to Statistical Quality Control, 7th Edition. Wiley*
- [19] O'Hara, D., Carey, R., Kervick, A., Crowley, D., Dabrowski, M. (2016): *Decisions in Motion: Decision Dynamics during Intertemporal Choice reflect Subjective Evaluation of Delayed Rewards. Scientific Reports* Vol 6
- [20] Page, E. S. (1954): *Continuous Inspection Schemes. Biometrika* Vol 41 br. 1/2 (100-115)
- [21] Schoemann, M., O'Hara, D., Dale, R., Scherbaum, S. (2020): *Using mouse cursor tracking to investigate online cognition: Preserving methodological ingenuity while moving toward reproducible science. Psychonomic Bulletin & Review* Vol 28 (766-787)
- [22] Spivey, M. J., Grosjean, M., Knoblich, G. (2005): *Continuous attraction toward phonological competitors. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 19 July, Vol 102 br. 29:10393-8
- [23] Stillman, P. E., Shen, X., Ferguson, M. J. (2018): *How Mouse-tracking Can Advance Social Cognitive Theory. Trends in Cognitive Sciences* Vol 22 br. 6 (531-543)
- [24] Stroop, J. R. (1935): *Studies of interference in serial verbal reactions. Journal of Experimental Psychology* Vol 18 br. 6 (643-662)
- [25] West, B. T., Welch, K. B., Galecki, A. T. (2014): *Linear mixed models: A practical guide using statistical software (2nd ed.). Chapman & Hall/CRC*
- [26] Wulff, D. U., Kieslich, P. J., Henninger, F., Haslbeck, J. M. B., Schulte-Mecklenbeck, M. (2025): *Movement tracking of psychological processes: A tutorial using mousetrap. Behavior Research Methods*, Vol 57