



Creative Commons Attribution –
NonCommercial 4.0 International License

Izvorni znanstveni rad

<https://doi.org/10.31784/zvr.14.1.9>

Datum primitka rada: 13. 11. 2025.

Datum prihvatanja rada: 3. 4. 2026.

POKRETI RAČUNALNOG MIŠA KAO POKAZATELJI KOLEBANJA PRI PROCJENI EMOCIONALNIH VIZUALNIH PODRAŽAJA

Marko Maliković

Dr. sc., izvanredni profesor, Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci, Sveučilišna avenija 4,
51 000 Rijeka, Hrvatska; e-mail: marko@uniri.hr

Mladenka Tkalčić

Dr. sc., redovita profesorica u trajnom zvanju, Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci,
Sveučilišna avenija 4, 51 000 Rijeka, Hrvatska; e-mail: mladenka.tkalcic@ffri.uniri.hr

SAŽETAK

Posljednjih se dvadesetak godina u sklopu društvenih istraživanja koja se provode putem računala sve češće pristupa bilježenju i mjerenju pokreta računalnog miša koje čine ispitanici tijekom sudjelovanja u istraživanjima. Danas postoje razvijeni računalni alati koji mogu bilježiti, obrađivati i izračunavati različite mjere iz kretanja računalnoga miša. Cilj je ovog istraživanja bio ispitati koje od tih mjera mogu poslužiti kao pokazatelji kolebanja pri procjeni emocionalnih vizualnih podražaja. Za tu je svrhu kreiran računalni test i provedeno je eksperimentalno istraživanje na uzorku od 72 studenta. Rezultati istraživanja pokazuju da nekoliko ključnih mjera pokreta računalnog miša pokazuje značajnu povezanost s razinom kolebanja pri odabiru i može poslužiti kao valjani indikator. Također, utvrđena je i značajna povezanost između pojedinih mjera pokreta računalnog miša. Rezultati istraživanja opisanog u ovom radu omogućavaju korištenje pokreta računalnog miša kao zamjene ili nadopune mjera koje se tradicionalno koriste u ovakvim vrstama istraživanja, kao što je, na primjer, vrijeme reakcije.

Ključne riječi: pokreti računalnog miša, praćenje miša, kolebanje, emocionalni vizualni podražaji

1. UVOD

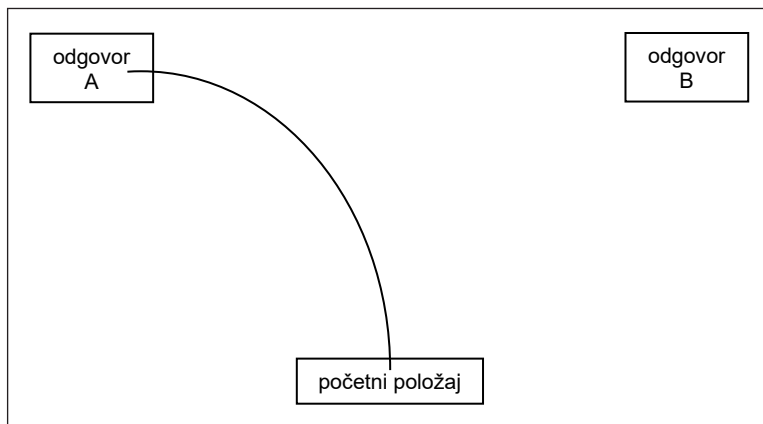
1.1 Mjerenje pokreta računalnog miša

Vrijeme reakcije ispitanika najčešća je mjera koja se koristi u različitim znanstvenim područjima i pokazuje koliko je vremena bilo potrebno da osoba odgovori na neki podražaj. Međutim, vrijeme reakcije ne govori nam ništa o samom procesu odlučivanja. Prije dvadesetak godina u društvenim je istraživanjima (ponajviše psihologijskim) započelo češće bilježenje i mjerenje

pokreta računalnog miša koje čine ispitanici tijekom rješavanja zadataka na računalu. Dobiveni su se rezultati počeli koristiti kao dopuna ili zamjena za mjeru vremena reakcije. Jedno je od prvih takvih istraživanja opisano u Spivey i sur. (2005). U tom je radu korišten eksperimentalni dizajn koji je danas postao jedan od standardnih dizajna za praćenje pokreta miša i koji se najčešće koristi (Schoemann i sur., 2020). Taj dizajn uključuje testove *prisilnog izbora s dvije alternative* (engl. Two-alternative forced choice, 2AFC) (Green i Sweets, 1966), u kojima se od ispitanika traži da od dvije ponuđene opcije odaberu jednu (Leontyev i Yamauchi, 2021). U tim testovima ne postoji mogućnost odgovora “Ne znam”, “Nisam siguran”, da ispitanik uopće ne odgovori ili slično. U računalnom se dizajnu takvog testa ispitaniku najprije na dnu ekrana prikazuje početni gumb na koji treba kliknuti mišem da bi se pojavio podražaj. Nakon toga ispitanik daje odgovor klikom na jedan od dva ponuđena gumba u lijevom i desnom gornjem dijelu ekrana. Tijekom procesa odgovaranja, odnosno dok ispitanik dovodi pokazivač miša od početnog položaja do gumba s odabranim odgovorom, bilježe se pokreti računalnog miša (slika 1). Početni je gumb važan zato da bi sva mjerenja pokreta miša započela na istom mjestu na zaslonu što omogućava njihovo kasnije uniformno mjerenje i međusobno uspoređivanje. Glavna je pretpostavka da se iz karakteristika pokreta miša može doći do nekih zaključaka o tijeku mentalnog procesa kod ispitanika dok rješavaju test.

Među vrstama testova koji se provode na vrlo sličan način kao testovi 2AFC, zbog čega su također pogodni za praćenje računalnog miša, često se zbog važnosti i specifične svrhe izdvajaju testovi implicitnih asocijacija¹. Takvi testovi služe za mjerenje veza među pojmovima koje se nalaze izvan naše svjesne kontrole (Greenwald i sur., 1998).

Slika 1. Izgled zaslona s polaznim gumbom, dva moguća odgovora i putanjom miša



Izvor: Autori

¹ Engl. *Implicit association test* – IAT.

1.2 Mjere putanje miša

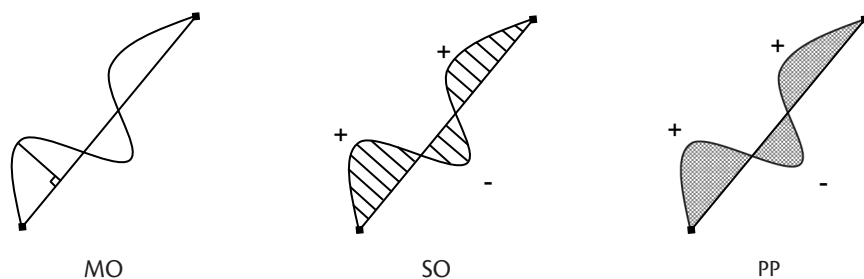
U opisanim se testovima mjerenjem pokreta računalnog miša pokušava preciznije posredno zahvatiti proces donošenja odluke u stvarnom vremenu. To se onda može manifestirati kao pomak putanje prema alternativnom, neodabranom odgovoru ili kao duljina putanje i druge mjere. Prednost je mjera pokreta miša pred mjerom vremena reakcije što kontinuirano, od početka do kraja, bilježe pokrete ispitanika što, pak, omogućava praćenje vremenskog tijeka i obrasca odlučivanja. U prilog opravdanosti mjerenja pokreta miša kao metode za otkrivanje implicitnih procesa prilikom donošenja odluka govori i većina dosadašnjih istraživanja. Mjerenjem se pokreta miša i izračunavanjem više različitih mjera mogu dobiti različiti pokazatelji i stupnjevi konflikta i nesigurnosti prilikom donošenja odluka. S obzirom na to da je cilj ovog rada analizirati kolebanje ispitanika prateći prostorno kretanje miša (za razliku od, na primjer, brzine pokreta miša), usmjerili smo se na takve mjere. Možemo ih podijeliti na one koje se odnose na *zakrivljenost* putanje, *složenost* putanje i *duljinu* putanje (Kieslich i sur., 2019).

1.2.1 Zakrivljenost putanje

Uobičajeno je da se zakrivljenost putanje miša mjeri u odnosu na *idealiziranu putanju* koja je ravna linija koja spaja početnu i završnu točku ispitanikove putanje. Postoji više mjera zakrivljenosti putanje koje se prema Wulff i sur. (2025) koriste u istraživanjima, a za naše potrebe važne su sljedeće:

- *Maksimalno odstupanje (MO)*: Maksimalno okomito odstupanje „iznad“ idealizirane putanje, odnosno u smjeru alternativnog odgovora (Slika 2 lijevo). Ako putanja uopće ne odstupa u smjeru alternativnog odgovora, tada će vrijednost ove mjere biti jednaka nuli.
- *Srednje odstupanje (SO)*: Aritmetička sredina svih okomitih odstupanja putanje od idealizirane putanje (Slika 2 u sredini). Odstupanja koja su u smjeru alternativnog odgovora imaju pozitivan predznak dok odstupanja koja su u suprotnom smjeru imaju negativan predznak. Ova mjera daje informaciju o prosječnom odstupanju ispitanikove putanje u smjeru alternativnog odgovora, ali uzima u obzir i odstupanja u suprotnom smjeru ako ona postoje.
- *Površina ispod putanje (PP)*: Površina plohe između krivulje putanje i idealizirane putanje (Slika 2 desno). Površina koja je u smjeru alternativnog odgovora dobiva pozitivan, a površina na suprotnoj strani negativan predznak. Kao i srednje odstupanje SO ova mjera čuva informaciju o smjeru odstupanja.

Slika 2. Mjere zakrivljenosti putanje



Izvor: Autori

Mjere zakrivljenosti putanje pokazale su se značajnima u mnogim dosadašnjim istraživanjima koja su dizajnirana u obliku testova 2AFC. Na primjer, maksimalno se odstupanje (MO) pokazalo značajnim u istraživanju Kieslich i Hilbig (2014), kod kognitivnog sukoba pri igranju jednostavnih društvenih igara za dvije osobe u kojima su ispitanici trebali odlučiti između prihvaćanja i odbijanja suradnje. S obzirom na to da bi, prema pretpostavci autora, odbijanje suradnje trebalo uključivati više kognitivnog konflikta nego prihvaćanje suradnje, dobiveni su rezultati pokazali da su maksimalna odstupanja putanje miša kod odgovaranja zaista u tom slučaju bila veća. U istraživanju McKinstry i sur. (2008) ispitanicima su postavljena pitanja koja su imala varijabilnu istinitost (od 0.0 za „Je li tisuću više od milijun?“, preko 0.3 za „Je li nebo ikad zeleno?“ do 1.0 za „Trebalo li prati zube svaki dan?“).² Ponuđeni su odgovori bili *Da* i *Ne*. Kao što se i očekivalo, pokazano je da su putanje miša imale veće maksimalno odstupanje što je nesigurnost u odgovor na postavljeno pitanje bila veća. Slični su rezultati dobiveni i u drugim istraživanjima s testovima 2AFC (Gatti i sur., 2024), (Grundy, 2022), (O’Hora i sur., 2016) i s testovima implicitnih asocijacija (Di Palma i sur., 2022). I mjera srednjeg odstupanja (SO) najčešće značajno upućuje na stupanj kolebanja prilikom odlučivanja. Kao primjer možemo istaknuti dva eksperimenta opisana u Cheng i González-Vallejo (2017). U njima su ispitanici na ekranu trebali odabrati između manjih novčanih dobitaka koji bi im bili isplaćeni odmah i većih nagrada koje bi im bile isplaćene s odgodom (prvi eksperiment) odnosno između manjih gubitaka s trenutnom naplatom i većih gubitaka s odgodom naplate (drugi eksperiment). U kontekstu gubitaka veće je srednje odstupanje zabilježeno kada su ispitanici odlučivali između opcija s manjim rasponom u iznosima (na primjer \$20 i \$280) dok je u kontekstu dobitaka veće srednje odstupanje bilježeno u slučaju odgođenih dobitaka s većim rasponom u iznosima (na primjer \$120 i \$1160). Slično prethodnim mjerama i mjera površine ispod putanje (PP) u rezultatima istraživanja često upućuje na veličinu konflikta prilikom odlučivanja (Stillman i sur., 2018). Iako se način izračunavanja različitih mjera zakrivljenosti putanje razlikuje, u praksi njihove vrijednosti vrlo često i međusobno jako koreliraju (Kieslich i sur., 2019).

² Stupanj istinitosti tvrdnji dobiven je prethodnim istraživanjem kao postotak ispitanika koji su na pojedino pitanje odgovorili potvrdno.

1. 2. 2 Složenost putanje

Za razliku od mjera zakrivljenosti koje pokazuju stupanj konflikta među ponuđenim odgovorima mjere bi složenosti putanje, prema Cheng i González-Vallejo (2017), trebale više mjeriti nesigurnost tijekom odgovaranja. To su mjere koje upućuju na broj promjena odluke tijekom procesa odgovaranja, što se manifestira promjenama u kretanju miša te općenitom složnošću putanje. Neke od mogućih mjera jesu:

- *X-flipovi (Xflip)*: broj promjena smjera duž osi x. Ova se mjera računa tako da se broje sve promjene u kojima je putanja miša nakon kretanja u smjeru lijevo skrenula udesno ili obratno, bez obzira na vertikalno kretanje. Dakle, broje se presijecanja okomitih osi y jer se ponuđeni odgovori na ekranu nalaze iznad polazne pozicije. Napomenimo da, zbog dijagonalnog položaja odgovora s obzirom na polaznu poziciju miša, neke promjene kretanja neće biti zabilježene kao Xflip jer ne uključuju promjenu smjera uzduž osi x (Dale i sur., 2008). S druge strane, upravo nam ta činjenica omogućava da se ne trebamo previše brinuti o malim pomacima od nekoliko piksela do kojih dolazi zbog tehničke nesavršenosti miša kao uređaja i zbog ispitanikova drhtanja ruke.
- *X-reverzije (Xrev)*: broj presijecanja osi y. Ova mjera broji koliko puta pokazivač miša prelazi okomitu os na sredini ekrana između dva ponuđena odgovora. Za razliku od mjere Xflip, koja mjeri manju razinu kolebanja i manje unutarnje konflikte tijekom odlučivanja, Xrev trebao bi odražavati stvarne promjene u preferenciji između ponuđenih odgovora.
- *Entropija (En)*: mjera koja mjeri stupanj nepravilnosti i nepredvidljivosti putanje. Entropija se računa složenim matematičkim postupkom, koji je opisan u Hehman i sur. (2015). Daje uvid u ukupnu nepravilnost i nepredvidljivost putanje miša tijekom procesa odlučivanja, odnosno u nepostojanje obrasca po kojem se pokazivač miša kreće prema odgovorima. Programski alat Mousetrap analizira nizove točaka kroz koje pokazivač miša prolazi i međusobno ih uspoređuje. Ako se nizovi ponavljaju ili su vrlo slični, entropija je mala, a ako se miš po ekranu kreće na različite načine, entropija je veća.

Za mjere Xflip i Xrev obično se očekuje da budu veće u situacijama veće nesigurnosti u odabir odgovora. To je i potvrđeno u Cheng i González-Vallejo (2017), ali samo za Xflip (Xrev nije mjereno). Međutim, naša daljnja potraga za eksperimentalnim rezultatima koji bi potvrdili spomenuta očekivanja nije dala rezultate, a postoje i istraživanja u kojima je efekt jasno izostao (O'Hara i sur., 2016; Koop, 2013).

Kao što su autori očekivali, u istraživanju McKinstry i sur. (2008) entropija je bila veća što je manje bio očit odgovor na postavljeno pitanje, odnosno što su ponuđeni odgovori bili međusobno konkurentniji. Entropija je računata i u Dale i sur. (2007), gdje je provedeno nekoliko verzija eksperimenta u kojima su ispitanici trebali mišem svrstati tipične ili atipične primjerke (npr. kit ili mačka) u jednu od dvije ponuđene kategorije životinja (npr. sisavac ili riba). U nekim su verzijama eksperimenta podražaji prikazivani riječima, a u nekim slikama, ali je u svim verzijama entropija putanje bila značajno veća u slučajevima netipičnih životinja.

I u Gattia i sur. (2024), gdje su ispitanicima prikazivani parovi riječi s većom ili manjom semantičkom sličnosti, rezultati su bili očekivani, odnosno da je veća semantička sličnost između ponuđenih riječi dovela do veće entropije. Slični su rezultati prezentirani i u Calcagni i sur. (2017).

1. 2. 3 Duljina putanje

Neki su autori analizirali duljinu putanje računalnog miša, ne uzimajući u obzir njezine karakteristike poput zakrivljenosti i složenosti:

Ukupna duljina putanje (DP): duljina putanje od polazne do završne točke. Prema Cheng i González-Vallejo (2017) ova bi mjera trebala biti veća u slučajevima većih kolebanja pri odlučivanju. U skladu s tim u već spomenutom istraživanju (Dale i sur., 2007) ukupna je duljina putanje zaista bila značajno veća u slučajevima netipičnih životinja. Međutim, istraživanja koja analiziraju duljinu putanje ima malo. Možemo spomenuti još eksperiment koji je opisan u Tabatabaeian i sur. (2015) i koji je također bio dizajniran u obliku testa prisilnog izbora s dvije alternative i sa sučeljem kakvo nas u ovom radu zanima. Istraživačko je pitanje bilo nešto drugačijeg tipa, odnosno bilo je vezano uz iskrenost i laganje u svrhu stjecanja koristi. Ispitanici su predviđali ishode bacanja novčića i rečeno im je da će za svako točno predviđanje biti nagrađeni, a mislili su da nitko ne provjerava iskrenost njihovih odgovora. Analiza je pokazala da je ukupna duljina putanje u značajnoj povezanosti s točnošću predviđanja i iskrenosti odgovora na način da su duljine putanja bile kraće u slučajevima kada su ispitanici točno predvidjeli ishod bacanja novčića i dali iskren odgovor.

Osim ukupne duljine putanje neki su se autori bavili njezinom duljinom od točke u kojoj pokazivač miša napusti takozvanu *regiju latencije*, odnosno krug s određenim polumjerom oko polazne točke.³ Veličina je tog polumjera u Duran i sur. (2010) na temelju analize eksperimentalnih podataka iz (Dale i sur., 2008) određena kao 100 piksela. Međutim, ta je procjena napravljena na temelju eksperimenta u kojem ispitanici nisu koristili računalo s mišem, nego su stajali pred slikom projiciranom LCD projektorom i odgovarali na podražaje pomoću daljinskog upravljača za Nintendovu igraću konzolu Wii. I u već spomenutom istraživanju (Tabatabaeiana i sur., 2015) određena je latencija kao vrijeme koje pokazivač miša ostaje u području polumjera veličine 80 piksela od polazne točke. Nije objašnjeno na koji je način određen taj polumjer. Ali analiza je pokazala da je i duljina, nakon što pokazivač miša napusti područje latencije, u značajnoj povezanosti s točnošću predviđanja i iskrenosti odgovora na isti način kao i u slučaju ukupne duljine putanje. S druge strane, s ovakvim se podjelama na periode latencije i aktivne periode ne slažu autori u Cheng i González-Vallejo (2017) i tvrde da je moguće da je formiranje preferencija prema nekom odgovoru kontinuiran proces koji ne završava kada pokazivač miša napusti područje latencije.

³ *Latencija* bi trebala biti embrionalno razdoblje u kojem ispitanici formiraju svoju preferenciju prema određenom odgovoru.

1.3 Cilj istraživanja i hipoteza

Cilj je ovog istraživanja bio ispitati valjanost mjera prostornog kretanja računalnog miša kao indikatora kolebanja pri izboru između vizualnih podražaja različite emocionalne valencije. Eksperimentalnim smo zadatkom binarnog izbora između parova slika istražili povezanost pokreta računalnog miša i razlike u emocionalnoj *valenciji* (tj. pozitivnosti odnosno negativnosti) prikazanih slika, dok ispitanici biraju onu koja im djeluje emocionalno pozitivnije. Slike smo preuzeli iz baze OASIS, koja je opisana u Kurdi i sur. (2017) i koja sadrži slike za koje je utvrđeno da izazivaju različite emocionalne reakcije. Baza sadrži slike iz kategorija životinja (domaće i divlje poput pasa, mačaka, zmija, kukaca, ptica, pauka, morskih pasa, lavova i majmuna), predmeta (onih koje je stvorio čovjek, poput nakita, automobila, boca, ograda, klupka vune, nežive i žive prirode poput kamenja, lišća i cvijeća), ljudi (samih, u parovima i u skupinama u različitim svakodnevnim situacijama) i raznih prizora (urbanih i ruralnih prostora, kao i meteoroloških pojava poput munja ili potresa). Kao vrijednosti emocionalne valencije slika preuzeli smo subjektivne procjene prethodno prikupljene u Kurdi i sur. (2017) na skali od 1 do 7, a zatim je za svaku sliku izračunata srednja vrijednost valencije.⁴ Naše su pretpostavke bile da će mjere pokreta miša imati manje vrijednosti zakrivljenosti, složenosti i duljine u slučajevima kada je razlika u valenciji između slika veća, što bi upućivalo na manje emocionalno kolebanje u odabiru.

Iz pregleda dosadašnjih istraživanja koji smo napravili u uvodu ovog rada, ali i iz nekih dodatnih koje dalje navodimo, vidimo da su ta istraživanja mahom fokusirana na kognitivne konflikte kao što su; istraživanje stavova, na primjer stereotipa prema rasama (Wojnowicz i sur., 2009) ili spolnih stereotipa prema društvenim ulogama (Smeding i sur., 2016); donošenje odluka, kategorizaciju ljudskih lica po rasi (Freeman i sur., 2011) ili po spolu (Freeman, 2014), (Freeman i sur., 2008); kategorizaciju tipičnih i atipičnih životinja po vrsti, sklonosti prema određenoj hrani (Sullivan i sur., 2015) ili prema zdravim odnosno nezdravim prehrambenim proizvodima (Lopez i sur., 2018); određivanje istinitosti tvrdnji; moralne dileme; prihvaćanje ili odbijanje suradnje u društvenim igrama; prepoznavanje objekata na ekranu na temelju izgovorene riječi; semantičke usporedbe riječi, a prilagođeni su i neki klasični psihologijski eksperimenti kao što su Eriksen-Flankerov test, Stroopov test te zadaci raspona operacija⁵ (Turner i Engle, 1989) i raspona čitanja⁶ (Daneman i Carpenter, 1980). Za razliku od navedenih istraživanja, koja su se temeljila na korištenju kognitivnih zadataka, u ovom se istraživanju procjenjuje emocionalna valencija slika, odnosno učinak pozitivnosti i negativnosti slika na pokrete računalnoga miša, kao i stupanj kolebanja prilikom njihova odabira. Drugim riječima, zadaci koje ćemo koristiti u ovom istraživanju usmjeravaju se na procjenu i razumijevanje emocija, dok su zadaci u prethodno opisanim istraživanjima bili primarno usmjereni na procese logičkog rezoniranja, prosuđivanja, uspoređivanja, kategoriziranja te ispitivanja sklonosti. Iako je podjela zadataka na kognitivne i emocionalne umjetna, jer se navedeni procesi isprepliću (i na neurološkoj i

⁴ Opisi su skale na engleskom jeziku bile: 1 – Very negative, 2 – Moderately negative, 3 – Somewhat negative, 4 – Neutral, 5 – Somewhat positive, 6 – Moderately positive, 7 – Very positive.

⁵ Engl. *Operation Span (OSPAN)*.

⁶ Engl. *Reading Span (RSPAN)*.

na ponašajnoj razini), bit je u tome da određeni procesi dominiraju, odnosno da ih uputama vezanima uz rješavanje zadataka primarno potičemo.

U skladu s navedenim postavili smo istraživačku hipotezu da će sve izračunate mjere pokreta računalnog miša biti značajno povezane s razlikom u valenciji parova slika.

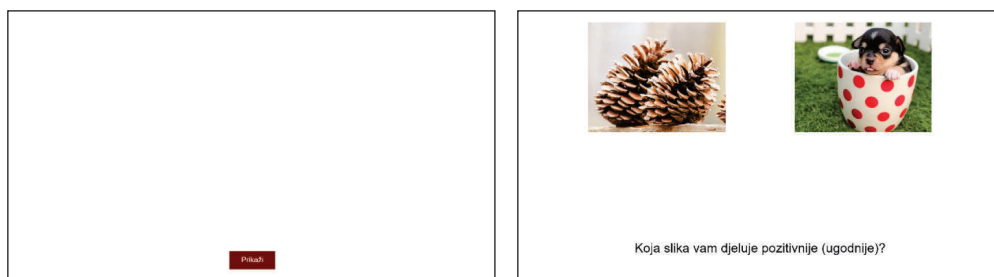
Ostatak rada podijeljen je u još tri cjeline. Drugi dio rada opisuje primijenjenu metodologiju, u trećem dijelu prikazani su rezultati istraživanja i rasprava, a u posljednjem dijelu navodimo najvažnije zaključke istraživanja.

2. METODA

2.1 Računalni test i ispitanici

S ciljem mjerenja pokreta mišem u smislu kako je opisano u dosadašnjem dijelu rada, kreirali smo test 2AFC, u kojem ispitanici od dvije prikazane slike na zaslonu biraju onu koja je za njih emocionalno pozitivnija (Slika 3 desno).

Slika 3. Izgled zaslona s gumbom *Prikaži* i parom slika u testu 2AFC



Izvor: Autori

Cijeli je zadatak sadržavao 300 slučajnih parova slika u dva kruga u kojima se po 150 slika na lijevoj strani ekrana i 150 slika na desnoj strani ekrana ponavljalo, ali u drugačijim, slučajnim kombinacijama. Slike na lijevoj i na desnoj strani ekrana bile su ujednačene prema sadržaju i prema bojama na način da su sadržavale jednak omjer slika s prevladavajućim toplim, hladnim i neutralnim bojama zbog mogućeg efekta boja na emocionalni doživljaj slika (Jonauskaite i Mohr, 2025).

Prije svakog prikaza parova slika ispitanicima je bio prikazan prazan ekran s gumbom na dnu na kojem je pisalo *Prikaži* (Slika 3 lijevo) i na koji su ispitanici trebali kliknuti da bi se prikazao par slika. S obzirom na to da nam cilj nije bio mjeriti brzinu odabira ispitanika, nego dobiti što pouzdanije rezultate i podatke, nije bilo vremenskog ograničenja za odabir slike (Green i Sweets, 1966).

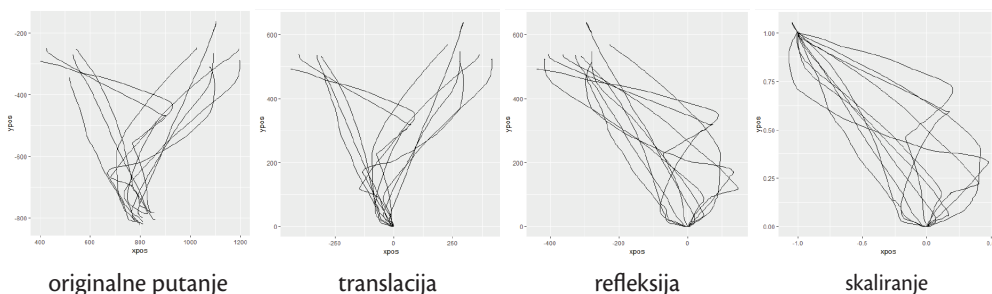
Eksperiment je kreiran pomoću alata za izradu internetskih (*online*) i laboratorijskih eksperimenata *lab.js* (Henninger i sur., 2022), a cijeli je eksperiment proveden na sustavu za *online* istraživanja *JATOS* (Lange i sur., 2015).

U istraživanju su sudjelovala 72 ispitanika studentske populacije, od čega 65 ženskih i 7 muških. Istraživanje je provedeno u psihologijskom laboratoriju tako da su svi ispitanici koristili istu konfiguraciju računala i iste periferne jedinice, odnosno monitor, računalni miš i tipkovnicu. U istraživanju su ispitanici sudjelovali u potpunosti dobrovoljno, njihovi odgovori kao i bilježeni pokreti miša, vremena reakcije i drugi parapodaci⁷ (Callegaro i sur., 2015) bili su anonimni, a ispitanici su od sudjelovanja u istraživanju mogli odustati u bilo kojem trenutku. Prije samog eksperimenta potencijalni su ispitanici odgovorili na pitanje jesu li suglasni sudjelovati u istraživanju.

2. 2 Obrada i normalizacija podataka

Prikupljene podatke o putanjama miša pripremili smo u R programu za obradu podataka o pokretima računalnog miša *Mousetrap* (Kieslich i Henninger, 2017). S obzirom na to da gumb *Prikaži* i slike prikazane ispitanicima zauzimaju određenu površinu na ekranu, odnosno da su ispitanici prilikom rješavanja zadataka mogli kliknuti na različita mjesta na gumbu i slikama, a da bi sve putanje svih ispitanika bile međusobno usporedive, bilo ih je potrebno *normalizirati* (Wulff i sur., 2019). Normalizaciju putanja izvršili smo tako da smo ih najprije sve translatali u zajedničku polaznu točku (0, 0), zatim ih refleksijom preslikali tako da sve budu orijentirane na istu stranu i na kraju skalirali tako da im i završne točke padnu u zajedničku točku (1, 0) (Slika 4).

Slika 4. Normalizacija skupa putanja



Izvor: Autori

Postupak normalizacije je standardan i primijenjen mnogo puta do sada, kao, na primjer, u Freeman i Ambady (2009) i Freeman i sur. (2008). Osim programa *Mousetrap* normalizacija je implementirana i u drugim sličnim programima, kao što je *MouseTracker* (Freeman i Ambady, 2010). Međutim, jasno je da se tim postupkom u određenoj mjeri deformiraju originalne putanje, pa smo sve analize koje smo izvršili na normaliziranim podacima proveli i nad originalnim podacima da bismo provjerili ima li normalizacija neke neočekivane učinke i dobiju li se jednaki efekti.

Podaci su obrađeni u statističkom softveru *Jasp*, verzija 0.96.

⁷ Parapodaci su podaci o procesu odgovaranja na upitnik ili, općenito, o procesu sudjelovanja u nekom istraživanju, a generiraju ih ispitanici i njihova interakcija s instrumentima istraživanja.

3. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj je ovog istraživanja bio ispitati valjanost mjera prostornog kretanja računalnog miša kao indikatora kolebanja pri izboru između vizualnih podražaja različite emocionalne valencije.

Budući da je svaki ispitanik imao po 300 mjerenja koja nisu međusobno nezavisna, primijenili smo linearni mješoviti model (LMM) koji omogućuje analizu na razini pojedinačnih pokušaja i istovremeno uključuje varijabilnost između ispitanika. U sedam zasebnih LMM-ova razlika emocionalne valencije slika korištena je kao nezavisna varijabla, dok su kao zavisne varijable analizirane pojedine mjere pokreta miša. U modelima smo uključili nasumične presjeke za ispitanike kako bismo kontrolirali varijabilnost među njima.

Rezultati su pokazali da je nekoliko ključnih mjera pokreta miša (maksimalno odstupanje, srednje odstupanje, površina ispod putanje, X-reverzije i entropija) značajno povezano s razlikom emocionalne valencije, što upućuje na to da te mjere mogu poslužiti kao valjani indikatori kolebanja. Duljina putanje i X-flipovi pokazali su rubne ili neznatne učinke. Rezultati svih linearnih mješovitih modela prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Rezultati linearnih mješovitih modela za povezanost razlike u valenciji i mjera pokreta računalnog miša

mjera	df	F	p
maksimalno odstupanje	1, 71,24	9,760	0,003
srednje odstupanje	1, 71,20	11,280	0,001
površina ispod putanje	1, 71,05	7,044	0,010
duljina putanje	1, 71,83	3,571	0,063
X-flipovi	1, 70,95	3,661	0,060
X-reverzije	1, 70,74	14,680	< 0,001
entropija	1, 71,09	6,080	0,016

df = stupnjevi slobode (procijenjeni Satterthwaite metodom);

F = F-statistika testa značajnosti; p = p-vrijednost

Izvor: Autori

Preciznije, rezultati analize pokazuju značajne efekte za maksimalno odstupanje ($F(1, 71,24) = 9,760, p = 0,003$), srednje odstupanje ($F(1, 71,20) = 11,280, p = 0,001$), površinu ispod putanje ($F(1, 71,05) = 7,044, p = 0,010$), X-reverzije ($F(1, 70,74) = 14,680, p < 0,001$) i entropiju ($F(1, 71,09) = 6,080, p = 0,016$). Efekti za duljinu putanje ($p = 0,063$) i X-flipove ($p = 0,060$) nisu bili statistički značajni, ali su pokazali trend prema značajnosti. Prema tome, većina mjera pokazuje da postoji razlika između uvjeta (veća / manja razlika u emocionalnoj valenciji slika).

Dodatnom analizom trendova u linearno mješovitim modelima utvrđeno je da povećanje razlike emocionalne valencije prati smanjenje vrijednosti pojedinih mjera pokreta miša, pri čemu ključne mjere pokazuju konzistentan smjer povezanosti s nezavisnom varijablom.

Dodatno smo izračunali Pearsonove koeficijente korelacije između različitih mjera putanje računalnog miša (Tablica 2).

Tablica 2. Povezanost mjera putanja računalnog miša

	maksimalno odstupanje	srednje odstupanje	površina ispod putanje	duljina putanje	X-flipovi	X-reverzije	entropija
maksimalno odstupanje	1	0,900**	0,646**	0,814**	0,489**	0,647**	0,542**
srednje odstupanje		1	0,758**	0,599**	0,363**	0,556**	0,434**
površina ispod putanje			1	0,329**	0,196**	0,336**	0,229**
duljina putanje				1	0,586**	0,666**	0,623**
X-flipovi					1	0,723**	0,659**
X-reverzije						1	0,587**
entropija							1

** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

Izvor: Autori

Očekivano, između pojedinih mjera putanja računalnog miša javljaju se umjereni do jaki pozitivni koeficijenti korelacije, jer se radi o različitim facetama iste mjere, kao što su na primjer već pokazali Kieslich i sur. (2019).

Na temelju rezultata linearnih mješovitih modela možemo zaključiti da postoje značajni efekti uvjeta (veća / manja razlika u emocionalnoj valenciji slika) za većinu mjera pokreta mišem. Važno je naglasiti da dobiveni smjer povezanosti potvrđuje početne pretpostavke, odnosno da je manja razlika u valenciji između slika povezana s većim vrijednostima mjera pokreta računalnim mišem. Navedeno može upućivati na veću nesigurnost i izraženije kolebanje pri odabiru slika koje su sličnije po emocionalnoj valenciji. Značajni efekti nisu utvrđeni za duljinu putanje i X-flipove, iako su dobivene p-vrijednosti bile blizu razine statističke značajnosti ($p = 0,063$ i $p = 0,060$). Dobiveni su rezultati u skladu s do sada objavljenim rezultatima istraživanja koje su za različite mjere dobili na primjer Kieslich i Hilbig (2014), Cheng i González-Vallejo (2017) i Stillman i sur. (2018) za mjere zakrivljenosti te McKinstry i sur. (2008) i Gattia i sur. (2024) za mjere složenosti. I u tim je istraživanjima dobiveno da je veća nesigurnost u odgovor povezana s većim vrijednostima mjera pokreta miša, što je detaljno opisano u uvodu.

Naša je preporuka da se mjere računalnog miša kod kojih je pokazana značajna povezanost s razlikom u valenciji parova slika, kako mjere zakrivljenosti, tako i mjere složenosti putanje,

mogu koristiti u istraživanjima kao indikator kolebanja i nesigurnosti ispitanika pri odabiru odgovora.

Pokreti računalnim mišem (bihevioralna mjera) posredno mogu upućivati na dinamiku procesa u podlozi donošenja odluke – što je izraženija dvojba/kolebanje između odabira, to su pokreti mišem složeniji. Drugim riječima, ove mjere mogu pružiti dodatni uvid u procese koji se nalaze u podlozi donošenja odluka što je već pokazano u nekim prethodnim istraživanjima (Cheng i González-Vallejo, 2017; Kieslich i sur., 2019).

4. ZAKLJUČCI

Rezultati provedene statističke analize pokazuju da je većina izračunatih mjera pokreta računalnog miša značajno povezana s razlikom u valenciji parova slika, čime je djelomično potvrđena istraživačka hipoteza. Većina mjera može se koristiti kao valjani pokazatelj kolebanja pri procjeni emocionalne valencije vizualnih sadržaja. Također, utvrđena je i značajna povezanost između pojedinih različitih mjera pokreta računalnog miša.

Prilikom interpretacije dobivenih rezultata potrebno je uzeti u obzir ograničenja uzorka, koji se sastoji isključivo od studentskih sudionika i nije spolno uravnotežen. Zbog ovih karakteristika uzorka te relativno niskih vrijednosti povezanosti rezultati se ne mogu automatski generalizirati na širu populaciju. Stoga je potrebna opreznost pri tumačenju nalaza izvan istraživanog uzorka, a ovo pitanje ostavljamo otvorenim za buduća istraživanja s raznolikijim i reprezentativnijim uzorcima.

S obzirom na ograničenost računalnih dizajna na kojima se provode ovakva istraživanja buduća bi istraživanja trebala proširiti na drugačije vrste testova i računalne dizajne te ispitati ponašanje mjera opisanih u ovom radu, ali i moguće nekih novih mjera pokreta računalnog miša koje bi se iz drugačijih dizajna mogle mjeriti.

LITERATURA

- Calcagni, A., Lombardi, L. i Sulpizio, S. (2017) 'Analyzing spatial data from mouse tracker methodology: An entropic approach', *Behavior Research Methods*, 49(6), pp. 2012-2030. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0839-5>
- Callegaro, M., Lozar-Manfreda, K., Vehovar, V. (2015) *Web Survey Methodology*. London: Sage
- Cheng, J. i González-Vallejo, C. (2017) 'Action Dynamics in Intertemporal Choice Reveal Different Facets of Decision Process', *Journal of Behavioral Decision Making*, 30(1), pp. 107-122. <https://doi.org/10.1002/bdm.1923>
- Dale, R., Kehoe, C. i Spivey, M. J. (2007) 'Graded motor responses in the time course of categorizing atypical exemplars', *Memory & Cognition*, 35(1), pp. 15-28. <https://doi.org/10.3758/BF03195938>
- Dale, R. i sur. (2008) 'Exploring action dynamics as an index of paired-associate learning', *PLoS ONE*, 3(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001728>
- Daneman, M. i Carpenter, P. A. (1980) 'Individual differences in working memory and reading', *Journal of Verbal Learning & 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)

- Di Palma, M. i sur. (2022) 'The biased hand. Mouse-tracking metrics to examine the conflict processing in a race-implicit association test', *PLoS ONE*, 17(7), pp. 1-21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271748>
- Duran, N. D., Dale, R. i McNamara, D. (2010) 'The action dynamics of overcoming the truth', *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(4), pp. 486-491. <https://doi.org/10.3758/PBR.17.4.486>
- Freeman, J. B. i Ambady, N. (2009) 'Motions of the hand expose the partial and parallel activation of stereotypes', *Psychological Science*, 20(10), pp. 1183-1188. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02422.x>
- Freeman, J. B. i sur (2008) 'Will a category cue attract you? Motor output reveals dynamic competition across person construal', *Journal of Experimental Psychology: General*, 137(4), pp. 673-690. <https://doi.org/10.1037/a0013875>
- Freeman, J. B. i Ambady, N. (2010) 'MouseTracker: Software for studying real-time mental processing using a computer mouse-tracking method', *Behavior Research Methods*, 42(1), pp. 226-241. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.1.226>
- Freeman, J. B. i sur. (2011) 'Looking the Part: Social Status Cues Shape Race Perception', *PLoS ONE*, 6(9): e25107. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025107>
- Freeman, J. B. (2014) 'Abrupt category shifts during real-time person perception', *Psychonomic Bulletin & Review*, 21, pp. 85-92. <https://doi.org/10.3758/s13423-013-0470-8>
- Gatti, D., Marelli, M. i Rinaldi, L. (2024) 'Predicting Hand Movements With Distributional Semantics: Evidence From Mouse-Tracking', *Cognitive Science*, 48(1). <https://doi.org/10.1111/cogs.13399>
- Green, D. i Sweets, J. (1966) *Signal detection theory and psychophysics*. New York: Wiley
- Greenwald, A. G., McGhee, D. E. i Schwartz, J. L. K. (1998) 'Measuring individual differences in implicit cognition: The Implicit Association Test', *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(6), pp. 1464-1480. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.74.6.1464>
- Grundy, J. G. (2022) 'The Specificity and Reliability of Conflict Adaptation: A Mouse-Tracking Study', *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.770509>
- Helman, E., Stoller, R. M. i Freeman, J. B. (2015) 'Advanced mouse-tracking analytic techniques for enhancing psychological science', *Group Processes & Intergroup Relations*, 18(3), pp. 384-401. <https://doi.org/10.1177/1368430214538325>
- Henninger, F. i sur. (2022) 'lab.js: A free, open, online study builder', *Behavior Research Methods*, 54(2), pp. 556-573. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01283-5>
- Jonaukaite, D. i Mohr, C. (2025) 'Do we feel colours? A systematic review of 128 years of psychological research linking colours and emotions', *Psychonomic Bulletin & Review*, 32(4), pp. 1457-1486. <https://doi.org/10.3758/s13423-024-02615-z>
- Kieslich, P. J. i Henninger, F. (2017) 'Mousetrap: An integrated, open-source mouse-tracking package', *Behavior Research Methods*, 49, pp. 1652-1667. <https://doi.org/10.3758/s13428-017-0900-z>
- Kieslich, P. J. i sur. (2019) 'Mouse-tracking: A practical guide to implementation and analysis'. U: Schulte-Mecklenbeck, M., Kuehberger, A., Johnson, J. G. (ur.) *A handbook of process tracing methods*. New York: Routledge
- Kieslich, P. J. i Hilbig B. E. (2014) 'Cognitive conflict in social dilemmas: An analysis of response dynamics', *Judgment and Decision Making*, 9(6), pp. 510-522. <https://doi.org/10.1017/S1930297500006392>
- Koop, G. J. (2013) 'An assessment of the temporal dynamics of moral decisions', *Judgment and Decision Making*, 8(5), pp. 527-539. <https://doi.org/10.1017/S1930297500003636>
- Kurdi, B., Lozano, S. i Banaji, M. R. (2017) 'Introducing the Open Affective Standardized Image Set (OASIS)', *Behavior Research Methods*, 49(2), pp. 457-470. <http://doi.org/10.3758/s13428-016-0715-3>

- Lange, K., Kühn, S. i 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*, 10(6), pp. 1-14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130834>
- Leontyev, A. i Yamauchi, T. (2021) 'Discerning Mouse Trajectory Features With the Drift Diffusion Model', *Cognitive Science*, 45(10):e13046. <http://doi.org/10.1111/cogs.13046>
- Lopez, R. B. i sur. (2018) 'Minding One's Reach (To Eat): The Promise of Computer Mouse-Tracking to Study Self-Regulation of Eating', *Frontiers in nutrition*, 5. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00043>
- McKinstry, C., Dale, R. i Spivey, M. J. (2008) 'Action dynamics reveal parallel competition in decision making', *Psychological Science*, 19(1), pp. 22-24. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02041.x>
- O'Hora, D. i sur. (2016) 'Decisions in Motion: Decision Dynamics during Intertemporal Choice reflect Subjective Evaluation of Delayed Rewards', *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep20740>
- Schoemann, M. i sur. (2020) 'Using mouse cursor tracking to investigate online cognition: Preserving methodological ingenuity while moving toward reproducible science', *Psychonomic Bulletin & Review*, 28, pp. 766-787. <https://doi.org/10.3758/s13423-020-01851-3>
- Smeding, A. i sur. (2016) 'Tracking and simulating dynamics of implicit stereotypes: A situated social cognition perspective', *Journal of Personality and Social Psychology*, 111(6), pp. 817-834. <https://doi.org/10.1037/pspa0000063>
- Spivey, M. J., Grosjean, M., i Knoblich, G. (2005) 'Continuous attraction toward phonological competitors', u *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 19 July, 102(29):10393-8. <https://doi.org/10.1073/pnas.0503903102>
- Stillman, P. E., Shen, X. i Ferguson, M. J. (2018) 'How Mouse-tracking Can Advance Social Cognitive Theory', *Trends in Cognitive Sciences*, 22(6), pp. 531-543. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.03.012>
- Sullivan, N. i sur. (2015) 'Dietary self-control is related to the speed with which attributes of healthfulness and tastiness are processed', *Psychological Science*, 26(2), pp. 122-34. <https://doi.org/10.1177/0956797614559543>
- Tabatabaieian, M., Dale, R. i Duran, N. D. (2015) 'Self-serving dishonest decisions can show facilitated cognitive dynamics', *Cognitive Processing*, 16(3), pp. 291-300. <https://doi.org/10.1007/s10339-015-0660-6>
- Turner, M. L. i Engle, R. W. (1989) 'Is working memory capacity task dependent?', *Journal of Memory & Language*, 28(2), pp. 127-154. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(89\)90040-5](https://doi.org/10.1016/0749-596X(89)90040-5)
- Wojnowicz, M. T. i sur. (2009) 'The self-organization of explicit attitudes', *Psychological Science*, 20(11), pp. 1428-1435. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02448.x>
- Wulff, D. U. i sur. (2019) 'Mouse-tracking: Detecting Types in Movement Trajectories'. U: Schulte-Mecklenbeck, M., Kuehberger, A., Johnson, J. G. (ur.) *A handbook of process tracing methods*. New York: Routledge
- Wulff, D. U. i sur. (2025) 'Movement tracking of psychological processes: A tutorial using mousetrap', *Behavior Research Methods*, 57. <https://doi.org/10.3758/s13428-025-02695-2>



Creative Commons Attribution –
NonCommercial 4.0 International License

Original scientific paper

<https://doi.org/10.31784/zvr.14.1.9>

Received: 13. 11. 2025.

Accepted: 3. 4. 2026.

COMPUTER MOUSE MOVEMENTS AS INDICATORS OF AMBIVALENCE IN THE EVALUATION OF EMOTIONAL VISUAL STIMULI

Marko Maliković

PhD, Associate Professor, University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences, Sveučilišna avenija 4,
51000 Rijeka, Croatia; email: marko@uniri.hr

Mladenka Tkalčić

PhD, Professor, University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences, Sveučilišna avenija 4,
51000 Rijeka, Croatia; email: mladenka.tkalcic@ffri.uniri.hr

ABSTRACT

Over the past two decades, social research utilizing computer-based methods has increasingly incorporated the recording and analysis of participants' mouse movements during experimental tasks. Today, advanced software tools can capture, process, and compute a wide range of measures derived from mouse movement data. The present study aimed to identify which of these measures could serve as indicators of ambivalence when participants evaluate emotional visual stimuli. According to the aim of this study, a computerized test was developed, and an experimental study was conducted with a sample of 72 students. Study's results indicate that several key measures of computer mouse movement are significantly associated with the level of indecision during choice and can serve as valid indicators. Additionally, significant correlations were observed among several mouse movement measures. These findings support the use of mouse movement data as an alternative or complementary measure to traditional indicators, such as reaction time, in this type of research.

Keywords: computer mouse movements, mouse-tracking, ambivalence, emotional visual stimuli

