

Tartu Ülikool
sotsiaalteaduste valdkond
psühholoogia instituut

Paula Proos

**KINDLUSTUNDE KUJUNEMINE REAALAJAS - KURSORI
TRAJEKTOORI UURING**

Uurimistöö

Juhendajad: Alan Voodla ja Andero Uusberg

Jooksev pealkiri: Kindlustunde kujunemine reaalamajas

Tartu 2020

Kindlustunde kujunemine reaajas - kursori trajektoori uuring

Kokkuvõte

Kindlustunne on psüühiline protsess, millel on oluline roll otsuste langetamisel. Kindluse kujunemise mehhanismid on siiani ebaselged, kuid on välja pakutud kaks mudelit, mille alusel kindlus võiks kujuneda: otsuse-aegne ja otsuse-järgne mudel. Käesolevas töös uuriti kumb mudel võiks kehtida arvutamisesannete lahendamisel. Selleks viidi läbi eksperiment, milles katseisikud lahendasid kergemaid ja raskemaid korrutamisevõrrandeid (raskusastme manipulatsioon), mille etteantud vastus oli kas õige või vale (kognitiivse voolavuse manipulatsioon). Sõltuvaks muutujaks olid arvutihiire kursori trajektoori parameetrid, mis võimaldasid saada aimu implitsiitsetest protsessidest otsustamise ajal. Täpsemalt analüüsiti kursori liigutuse optimaalsest trajektoorist kõrvalekalde pindala, suurimat kõrvalekallet ning trajektoori kogupikkust. Selgus, et kursori trajektoorist on võimalik ennustada inimese kindlushinnangut õigesti vastatud kergemate võrrandite puhul, mis toetab osaliselt otsuse-aegset mudelit.

Märksõnad: kindlustunne, voolavus, raskusaste, otsuse-aegne mudel, otsuse-järgne mudel

Mouse-tracking decision confidence in real time

Abstract

Confidence plays an important role in everyday decision-making. However, it remains unclear when confidence computations are performed during decision-making. The present study tests two predictions from two models that aim to explain temporal mechanisms of confidence: online- and post hoc computation. To do this, an experiment was conducted in which participants had to solve easy and difficult multiplication equations by determining whether they are true or false. Mouse trajectory parameters were measured as dependent variables to provide an idea of implicit processes during decision making. Total distance, area under the curve (AUC) and maximum deviation (MAD) were used as parameters to quantify discrepancies from optimal mouse trajectories. The independent variables were task difficulty and fluency. The results indicated that mouse trajectory parameters can predict a person's confidence in an easy decision, which partly supports the online model of confidence computation.

Keywords: confidence, fluency, task difficulty, online computation, post hoc computation

Kindlustunne on psüühiline protsess, mis aitab inimestel igapäevaselt langetada otsuseid parimate valikute kasuks. Kindlust saab defineerida kui uskumust, et mingi mõte, tegu või otsus on õige (Fleming, Dolan & Frith, 2012). Kindlus pole tingimata teadvustatud, kuid meie tegevuste ja otsuste langetamise juures on sellel oluline roll (Fleming, Dolan & Frith, 2012). Otsustamist ja valiku langetamist võib käsitleda kui protsessi, mille käigus inimene kogub asjakohast informatsiooni erinevate valikute kasuks või kahjuks (Kieslich et al., 2018). Üldjuhul langetatakse otsused valikute kasuks, mille suhtes on kindlustunne kõige suurem. Näiteks kui inimene valib jalakäimise autoga sõitmise asemel, on üheks tema valikut motiveerivaks jõuks kindlus selle suhtes, et jalakäimine on parem kui autoga sõitmine. Oma kindlushinnangutes on inimesed üldiselt adekvaatsed - kui vastatakse küsimusele õigesti, hinnatakse ka oma kindlustunnet kõrgeks ja vastupidi (Dotan, Meyniel & Dehaene, 2018; Desender, Boldt & Yeung, 2018), kuid see sõltub ka ülesande raskusastmest (Thompson, Turner & Pennycook, 2011).

Kindlustundel on psüühikas metakognitiivne funktsioon. Metakognitsioon on katusmõiste psüühilistele protsessidele, mis võimaldavad psüühika eneserepresentatsiooni - näiteks saavad inimesed mõelda enda mõtetest, hinnata enda otsuste adekvaatsust, kahelda enda mälestuste korrektsuses jne (Thompson, Turner, & Pennycook, 2011). Metakognitsioon on introspektiivne protsess, mida peetakse oluliseks erinevuseks inimeste ja loomade psüühika vahel ning mis on vajalik eneseteadlikkuseks (Grimaldi, Lau, & Basso, 2015) ning seda on otsuste kujunemisel võrdlemisi vähe uuritud (Thompson, Turner & Pennycook, 2011). Metakognitsioon suurendab psüühika paindlikkust ja võimaldab organismil tuvastada ja reguleerida iseenda psüühilisi seisundeid. Kindlustunde metakognitiivne funktsioon on otsustamise regulatsioon - tänu sellele on võimalik teha ebapiisava informatsiooni tingimustes adaptiivseid otsuseid ning vajadusel informatsiooni juurde hankida (Thompson, Turner & Pennycook, 2011). Näiteks tööandja, kellel on võimalik anda ametikõrgendust ning ta peab valima kahe töötaja vahel, kellest üks tundub esmapilgul parem. Kindlustunne annab tööandjale märku, kui kindel ta oma esmamuljes võib olla. Kui tööandja kindlustunne on madal, siis motiveerib see teda lisainfot koguma, näiteks küsima kandidaatide varasematelt tööandjatel soovituskirju.

Kuidas kindlustunne otsustusprotsessi käigus kujuneb?

Kindlustunde kujunemisel on oluline küsimus, millal kindlustunde aluseks olev representatsioon psüühikas genereeritakse. Selle seletuseks on välja pakutud kaks mudelit: otsuse-järgne mudel (ingl. k *post hoc computation*), mille puhul kindlushinnang kujundatakse pärast otsuse langetamist ning otsuse-aegne kindluse mudel (ingl. k *online computation*), mille puhul kindlustunne tekib juba enne valiku langetamist ning seda uuendatakse pidevalt otsustusprotsessi jooksul (Dotan, Meyniel & Dehaene, 2018). Otsuse-järgse kindluse mudeli järgi ei kujune kindlus otsuse tegemiseks kogutud tõenditel, vaid pärast otsuse vastu võtmist kogutud lisainformatsioonil (Dotan, Meyniel & Dehaene, 2018). Sellest mudelist lähtuvalt on kindlus aeglane ja ebatäiuslik representatsioon, mis kujuneb otsuse järgselt ning toetub mälule ja heuristikutele. Otsuse-aegse kindluse mudeli puhul hinnatakse kindlust kogu otsustusprotsessi vältel - paralleelselt tõendusmaterjali kogumisega, mis aitab kaasa optimaalsele otsustamisele (Dotan, Meyniel & Dehaene, 2018). Kaks mudelit teevad seega erinevaid ennustusi selle kohta, mis hetkest kindlustunne otsustusprotsessis kujunema hakkab. Üks viis sellele vastata, on kasutada implitsiitseid mõõdikuid, mis võimaldavad tuvastada, kas kindlus kujuneb jooksvalt otsustusprotsessi käigus või pigem pärast otsustamist.

Kursori trajektoori analüüs kindlustunde uurimiseks

Otsustamise ja kindluse mehhanismide uurimise üks viis on kursori liikumistrajektoori analüüs. Otsustamisega seotud kindlustunnet uuritakse tihtipeale reaktsiooniaja põhjal, kuid see informatsioon võib olla mitmetähenduslik (Barca & Pezzulo, 2012). Pikem reaktsiooniaeg viitab küll sellele, et otsustamisprotsessi käigus kaaluti erinevaid valikuid, kuid ei võimalda eristada, milliseid valikuid, ning tuvastada informatsiooni valikute vahelise dünaamika kohta (Freeman, 2018). Tuleb arvesse võtta, et pikem reaktsiooniaeg võib tuleneda ka muudest põhjustest, nagu madal motivatsioon ning ärgastus (ingl. k. *arousal*). Kursoritrajektoori jälgimine annab kognitiivsete protsesside dünaamikale otsesema ligipääsu, sest motoorseid vastuseid planeeritakse ja teostatakse paralleelselt langetatava otsusega (Maldonado, Dunbar, & Chemla, 2019; McKinstry, Dale, & Spivey, 2008). Trajektoori informatsiooni saab salvestada millisekundi eraldusvõimega, mis annab suhteliselt täpset teavet selle kohta, millal otsustamise käigus erinevaid otsust suunavaid faktoreid arvutatakse või kuidas konkreetsed protsessid ajaliselt kulgevad (Freeman, 2018).

Käesolevas uuringus kasutatakse kursori trajektoori analüüsi vastamaks küsimusele, millal kindlustunne otsustamise käigus kujuneb. Kui kehtib otsuse-aegne mudel, siis peaks kindlustunne korreleeruma kursori trajektoori iseloomustavate parameetritega. Juhul kui kehtib otsuse-järgne mudel ei tohiks kindlustunne kursori trajektooriga välja loetav olla.

Otsustusprotsessiga kaasnevat kindlustunnet on kursori trajektoori analüüsi abil uurinud Dotan, Meyniel ja Dehaene (2018), kes lasid katseisikutel teha kahe valikuga otsuseid ning seejärel hinnata oma kindlust. Katseisiku ülesandeks oli hinnata ekraanile ilmuvate noolte liikumissuunda ja otsustada, millises suunas neid rohkem liigub. Valikut sai väljendada tõmmates sõrmega puutetundlikul ekraanil vastavas suunas. Tulemused näitasid, et mida vähem nooli ekraanil kuvati, seda kindlamaid, õigemaid ja kiiremaid vastuseid anti. Lisaks analüüsiti ka sõrmega tõmmatud trajektoori ja selgus, et trajektoori pikkus on seotud kindlustundega - pikem trajektoor seostus madalama kindlusega ja vastupidi. Need tulemused on kooskõlas otsuse-aegse mudeliga, sest kursoritrajektooris sisalduv informatsioon eelneb valiku langetamisele. Barca ja Pezzulo (2012) töös uuriti kursori trajektoori pikkuse seost kindlusega leksikaalsetes ülesannetes. Katseisikutele esitati kõrge või madala sagedusega sõnu, pseudosõnu ja tähtede jadasid. Leiti, et mida ebamäärasemalt oli sõna kirjutatud, seda pikem oli kursori trajektoor. Need tulemused toetavad samuti otsuse-aegse kindluse mudelit. Antud tööde tulemused toetavad järeldust, mille kohaselt käe liikumissuund alternatiivide suunas või nendest eemale peegeldab valikute suhtelist atraktiivsust antud ajahetkel otsustusprotsessi ajal (Kieslich et al., 2018). Seetõttu on valikud, mille puhul inimesed raporteerivad enamasti madalamat kindlust, ka pikema trajektooriga.

Töö eesmärk

Otsuse-aegne ja otsuse-järgne mudel kindlustunde kujunemisest teevad erinevaid ennustusi, mida saab kursori trajektoori analüüsil empiiriliselt testida. Otsuse-järgse kindluse mudeli järgi ei tohiks olla võimalik otsuse tegemise eelsetest parameetritest välja lugeda informatsiooni kindlustunde kohta, samas kui otsuse-aegse kindluse mudeli järgi peaks seda saama teha nii otsuse eelselt kui järgselt.

Varasemates töödes on inimesed teinud suhteliselt lihtsaid tajulisi otsuseid ning analüüsitud sõrme liikumistrajektoori puutetundlikul ekraanil. Tekib küsimus, kas otsuse-eelne mudel kehtib ka siis, kui inimesed teevad mõnevõrra keerulisemaid otsuseid kasutades arvutihiirt. Käesoleva töö eesmärk on testida hüpoteesi, et kursori

liikumistrajektor sisaldab informatsiooni kindlustunde kohta arvutusülesannete lahendamisel.

Meetod

Valim

Katses osales kokku 55 vabatahtlikku (24 meest, 31 naist vanusevahemikus 18-65, enamus tudengid), kes registreerisid ennast uuringusse läbi Facebookis ja Tartu Ülikooli meililistides jagatud kutse. Kahe osaleja tulemused pidi lõpp-analüüsist välja jätma tehniliste probleemide tõttu. Enne katses osalemist paluti osalejatel täita kaks enesekohast küsimustikku, millega mõõdeti vastaja Suure Viisiku isiksuse omadusi (Konstabel et al., 2017) ja Vajadust Kognitiivse Selguse Järele (Redi, 2017). Uuring oli kooskõlastatud Tartu Ülikooli Eetikakomiteega.

Katseülesanne ja stiimulid

Katseisikute ülesandeks oli hinnata lihtsate ja raskete etteantud vastustega korrumismisvõrrandite tõesust ning seejärel oma kindlust langetatud valiku suhtes. Võrrandite vastus võis olla õige või vale: valede vastuste saamiseks suurendati või vähendati võrrandi õiget vastust kahe võrra. Katseprogramm kuvas algselt katses osalejale ekraani alaserva keskele kasti, mille vajutamisel ülesanne algas. Ekraani keskele ilmus seejärel võrrand ning paremasse ja vasakusse ülanurka vastusevariandid õige ja vale. Katseisikutele esitati neljas plokis 32 arvutamisülesannet, kokku 128 esitust. Iga ploki vahel paluti osalejatel hinnata visuaal-analoog skaalal oma väsimust ja afektiivset seisundit. Iga ploki järgselt anti katseisikule positiivselt kallutatud tagasisidet nende soorituse kohta. Selleks näidati neile õigete vastuste arvu maksimumist ning selle võimendatud esinemissagedust fiktiivse Ameerikas läbiviidud katse tulemuste seas. Katseülesanne oli loodud PsychoPy keskkonnas (Peirce et al., 2019), mis võimaldab talletada andmeid kursori liikumistrajektoori kohta.

Protseduur

Nõusolekulehe allkirjastanud kaatseisikul paluti istuda arvuti taha, milles katset läbiviima hakati. Seejärel paigaldati EEG aparatuur, mis võttis keskmiselt 30 minutit. EEG andmeid selle töös ei kajastata, kuid tuleb arvesse võtta aparatuuri võimalikku mõju katse tulemustele. Katseisik paigutati 80 cm kaugusele ekraanist. Katseprogramm pandi seejärel tööle ja katseisikule selgitati suuliselt, mida tegema peab. Nii arvutamisülesannete vastuseid

kui ka kindluse hinnangud sai anda arvutihiirega, mis oli asetatud katseisikust paremale. Kõik katses osalejad peale ühe olid paremakäelised. Esitati 5 harjutusülesannet, mille eesmärgiks oli programmi ja katseülesandega tutvumine. Seejärel jäeti katseisik üksinda ruumi ülesandeid lahendama. Peale teist plokki käidi kontrollimas, kas elektroodid olid jätkuvalt õigesti paigas. Seejärel lahkuti uuesti ruumist ja katseisik lõpetas viimased kaks plokki. Ülesannete lahendamise osa kestis keskmiselt 35 minutit. Peale viimast plokki eemaldati elektroodid ning paluti täita lühike järelküsimustik, milles küsiti katseisiku arvamust katse eesmärgi ja uurimisküsimuse kohta. Seejärel selgitati katseisikule katse sisu ja eesmärki.

Katsedisain ja mõõdikud

Katse sõltuvateks muutujateks olid kindlustunne ja kursori trajektoor. Kindlustunnet sai hinnata 100-punktilisel visuaal-analoog skaalal, vastates küsimusele “Kui kindel olid oma valikus vastuse andmise hetkel?”. Skaalal oli võrdsete vahemikega neli verbaalse tähistusega kriipsu: 1 - “Pole üldse kindel”, 33 - “Pigem mitte kindel”, 67 - “Pigem kindel”, 100 - “Täiesti kindel” Katseisik võis vajutada nii kriipsule kui nende vahelisele alale.

Katseprogramm salvestas igal katsekorral kursori trajektoori x ja y koordinaadid sagedusega 60 Hz alates ekraani alaservas esitatud nupul tehtud vajutusest kuni ekraani ülaserval esitatud õige-vale nupul tehtud vajutuseni. Kursori trajektoori analüüsimiseks kasutati kolme parameetrit. Esiteks vaadeldi kursori trajektoori kõrvalekalde pindala (ingl. k *area under the curve* - *AUC*) ehk pindala katseisiku tegeliku trajektoori ja kõige otsesema trajektoori (sirge alguspunkti ja lõpp-punkti vahel) vahel (Kieslich et al., 2018). Teiseks vaadati suurimat kõrvalekallet (ingl. k *maximum absolute deviation* - *MAD*) ehk mõõdetud trajektoori maksimaalset absoluutset kõrvalekallet otsesest teest ehk sirgest. Kolmandaks vaadeldi trajektoori kogupikkust (ingl. k *total distance*), mis on kursori läbitud täielik vahemaa algpunktist vastuseni. Need meetodid lubavad tuvastada kursori kõrvalekaldeid sirgjoonelisest liikumisest ühe vastusevariandi suunas. Eeldus on, et mida suurem on kõrvalekalle, seda madalam on kindlushinnang, sest suuremad kõrvalekalded optimaalsest trajektoorist võiksid viidata suuremale ebakindlusele. Mitut erinevat meetodit kursori trajektoori operatsionaliseerimiseks kasutatakse selleks, et näha kas erinevad mõõdikud toetavad samasugust järeldust kursori trajektoori ja kindlustunde seose kohta.

Et tekitada kindlustundes kontrollitud varieeruvust, mõjutati ülesande raskusastest ja voolavust sõltuvate gruppidega katseplaani alusel. Võrrandid jagunesid lihtsamateks ja

raskemateks: lihtsamate ülesannete puhul esitati korrutamisülesannetes ühekohalisi arve (4, 6, 7, 8, 9; nt $4 \times 9 = 36$) ja raskemate puhul oli üks esitatud arvudest kahekohaline (16, 17, 18, 19; nt $16 \times 7 = 112$). Kognitiivse voolavuse mõjutus seisnes selles, kas ekraanil esitatud võrrandi etteantud vastus oli õige või vale. Eeldati, et korrutustehete õigsuse hindamisel lähtuvad katseisikud muuhulgas kättesaadavuse heuristikust ehk peavad õigemaks vastuseid, mis on kognitiivselt voolavamad ehk tulevad hõlpsamalt pähe. Seega, kui ekraanil esitati võrrand koos õige vastusega (näiteks $6 \times 6 = 36$), oli õige vastuse kognitiivne voolavus kõrgem kui võrrandi puhul, mis oli esitatud koos vale vastusega (näiteks $6 \times 6 = 34$). Selle efekti võimendamiseks näidati järgneva võrrandi vastust ka enne võrrandi ilmumist hetkeks ekraanil.

Andmete analüüs ja eeltöötlus

Andmete analüüsiks kasutati andmetöötlusprogrammi JASP (JASP Team, 2019). Kursori trajektooride toorandmete eeltöötlus viidi läbi statistikaplatvormi R paketi mousetrab abil (Kliesch et al., 2019). Kursori trajektooride eeltöötlemisel järgiti standardprotokolli (Kliesch et al., 2019): trajektooride x ja y koordinaadid normaliseeriti ajaliselt (ingl. k *time normalization*), korrigeerimaks katsekordade reaktsiooniajast tulenevaid erinevusi salvestatud positsioonide arvus. Kõikide trajektooride alguspunktid joondati ühte alguspunkti. Trajektooride hõlpsamaks võrdlemiseks muudeti paremapoolsel nupul lõppenud trajektooride x-koordinaatide märki nii, et ka need trajektoorid lõppesid vasakpoolsel nupul (ingl. k *symmetric remap*). Kursori trajektoori iseloomustavate parameetrite kõrvalekalde pindala, suurim kõrvalekalle ja täielik vahemaa arvutamiseks kasutati `mt_measures` funktsiooni. Ebatüüpiliste trajektooride tuvastamiseks prooviti erinevaid filtreid (reaktsiooniaja alusel, y-teljel pöörete alusel, AUC 95% standardhälbe alusel), kuid iga filter jättis välja liiga palju visuaalsel vaatlusel tüüpilisi trajektoore või sisse ebatüüpilisi trajektoore. Visuaalsel vaatlusel tuvastatud artefaktid arv oli väike ning seetõttu otsustati edasisesse analüüsisse kaasata kõik trajektoorid.

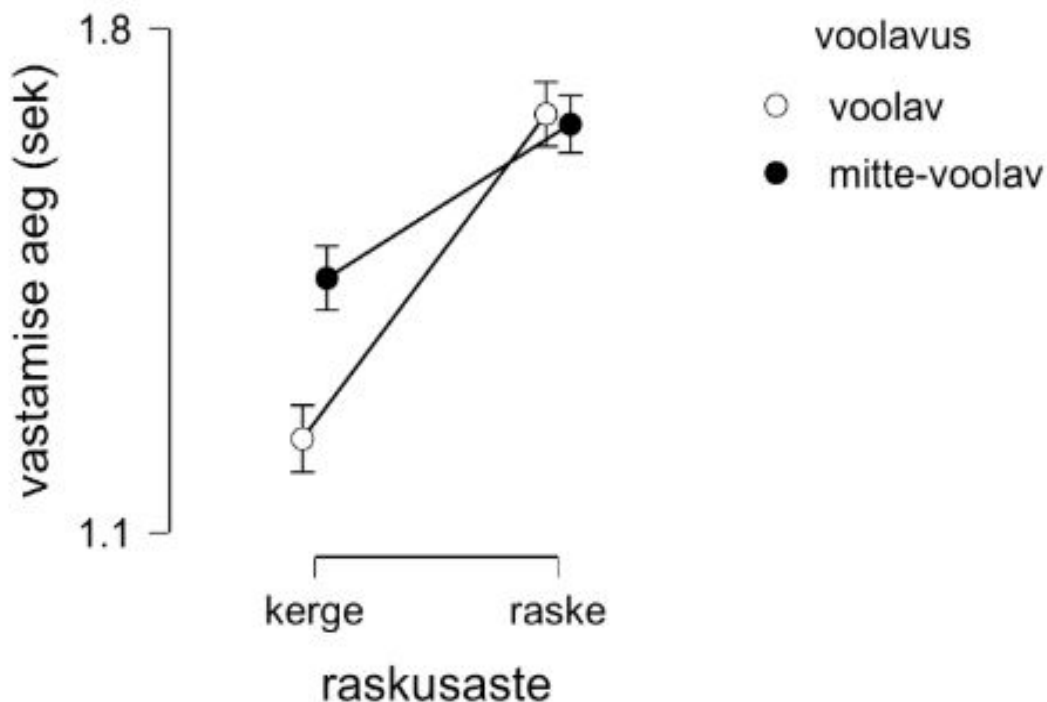
Tulemused

Andmete analüüsimist alustati eelanalüüsides, mille eesmärk oli tuvastada, kas katse töötas ootuspäraselt. Selleks võrreldi kuidas reaktsiooniajad, vastuste korrektsus ja kindlushinnangud varieeruvad sõltuvalt ülesande raskusastmest ja voolavusest. Kui katse toimis ootuspärasel, peaks raskemate ja mitte-voolavate ülesannete puhul reaktsiooniaeg

olema pikem, vastuse korrektsuse osakaal madalam ning kindlushinnang madalam kui kergete ülesannete puhul. Keskmiste võrdlemiseks kasutati korduvmõõtmiste ANOVAt, mille sfäärilisuse eeldus oli kõigi teostatud analüüside puhul täidetud.

Reaktsiooniaeg

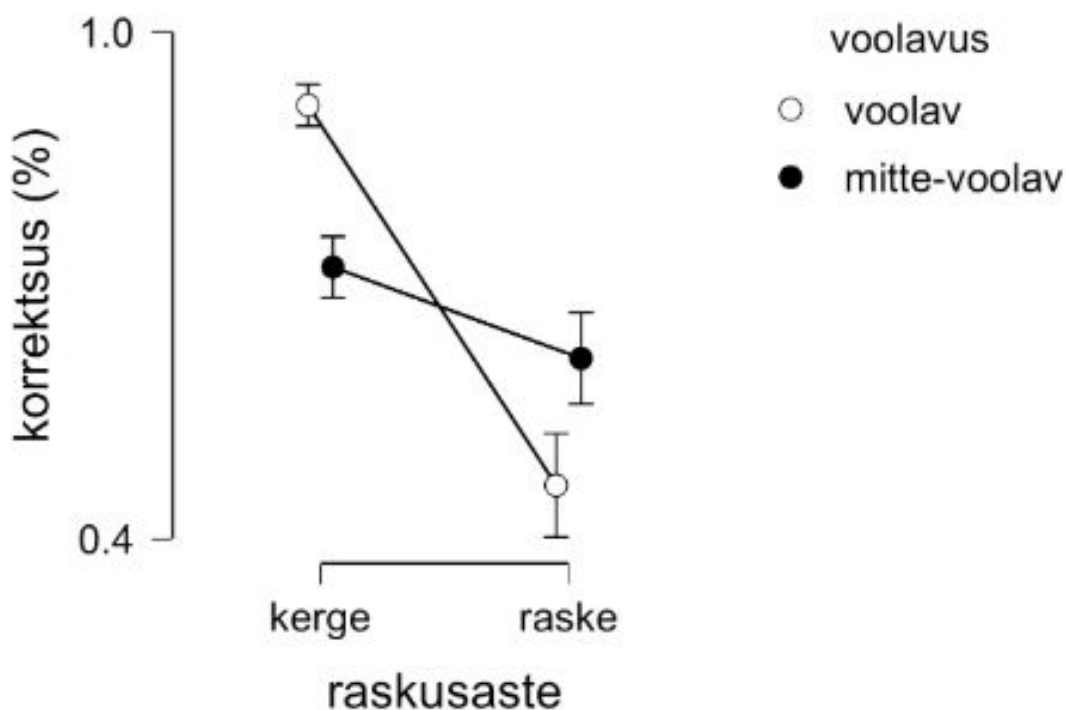
Pikem reaktsiooniaeg raskes ja mitte-voolavas tingimuses annaks tunnistust sellest, et katse manipulatsioonid töötasid ootuspäraselt. Reaktsiooniaeg kerges ja voolavas tingimuses oli 1.2 sek, kerges ja mitte-voolavas tingimuses 1.5 sek, raskes ja voolavas tingimuses 1.7 sek ning raskes ja mitte-voolavas tingimuses 1.7 sek. Voolavuse mõju reaktsiooniajale oli statistiliselt oluline [$F(1, 53) = 98.7, p < .005$; osaline $\eta^2 = .65$], samuti ka raskusastme mõju [$F(1, 53) = 61.3, p < .005$; osaline $\eta^2 = .54$]. Voolavuse ja raskusastme koosmõju reaktsiooniajale omas samuti statistiliselt olulist efekti [$F(1, 53) = 98.9, p < .005$; osaline $\eta^2 = .65$]. Võib järeldada, et reaktsiooniaeg muutus katsetingimustes ootuspäraselt, sest raskeid ja voolavaid ülesandeid lahendati oluliselt aeglasemalt kui kergeid, mida peegeldavad ka väga suured efektid (Cohen, 1973).



Joonis 1. Reaktsiooniaja seos raskusastme ja voolavusega. Haarad punktide ümber tähistavad 95% usalduspiire.

Vastuste korrektsus

Õige vastuse osakaal kerges ja voolavas tingimuses oli 91%, kerges ja mitte-voolavas tingimuses 72%, raskes ja voolavas tingimuses 46% ning raskes ja mitte-voolavas tingimuses 61%. Raskusastme ja voolavuse koosmõju vastuse korrektsusele oli statistiliselt oluline [$F(1, 53) = 51.78$, $p < 0.05$; osaline $\eta^2 = 0.49$]. Raskusastme mõju vastuse korrektsusele oli statistiliselt oluline [$F(1, 53) = 360.06$, $p < 0.05$; osaline $\eta^2 = .87$]. Voolavuse mõju ei olnud statistiliselt oluline [$F(1, 53) = .52$, $p < .48$; osaline $\eta^2 = .01$]. Tulemus oli üldiselt ootuspärane, kuid raskes tingimuses ning kõrge voolavuse puhul oli korrektsus väiksem, kui raskes ja mitte-voolavas tingimuses.

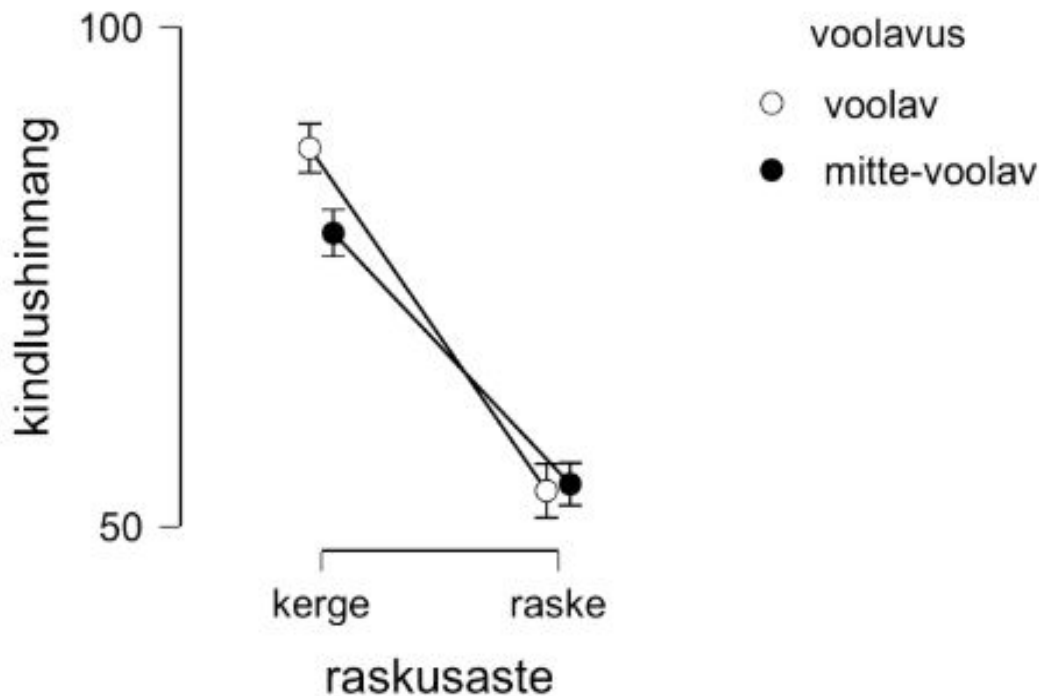


Joonis 2. Korrektsuse seos raskusastme ja voolavusega. Haarad punktide ümber tähistavad 95% usalduspiire.

Kindlushinnang

Keskmine kindlushinnang (0-100 skaalal) kerges ja voolavas tingimuses oli 87.9, kerges ja mitte-voolavas tingimuses 79.4, raskes ja voolavas tingimuses 53.6 ning raskes ja mitte-voolavas tingimuses 54.2. Voolavuse mõju kindlushinnangule oli statistiliselt oluline [$F(1, 53) = 273.63$, $p < 0.05$; osaline $\eta^2 = .84$], samuti raskusastme mõju [$F(1, 53) = 26.95$, $p < 0.05$].

0.05; osaline $\eta^2 = .34$] ning voolavuse ja raskusastme koosmõju [$F(1, 53) = 39.83, p < 0.05$; osaline $\eta^2 = .43$]. Tulemus polnud ootuspärane raskete ülesannete puhul, sest voolavus ei mõjutanud kindlushinnanguid oodatud suunas.



Joonis 3. Kindlushinnangu erinevus kahe raskusastme ja voolavuse tingimuse võrdluses. Haarad punktide ümber tähistavad 95% usalduspiire.

Kas kursori trajektoori parameetrid on seotud kindlushinnanguga?

Uuringu peamine eesmärk oli tuvastada kuivõrd on võimalik ennustada kursori trajektoori parameetritest kindlushinnangut. Sellele küsimusele vastamiseks viidi läbi korrelatsioonianalüüsid, mis tuvastavad seoseid kindlushinnangute ja kursori trajektoori kaldepindala, suurima kõrvalekalde ja täieliku vahemaa vahel. Korrelatsioonid arvutati eraldi nii katseisiku siseselt normaliseeritud kui ka normaliseerimata andmetega, et hinnata kuivõrd on tuvastatud seosed tingitud erinevustest katseisikute vahel ja kuivõrd erinevustest katse esituste vahel. Andmete normaliseerimiseks võeti kõigi muutujate puhul iga andmepunkt, lahutati sellest vaadeldava katseisiku ja muutuja keskväärtus ning jagati tulemus vaadeldava katseisiku ja muutuja standardhälbega. Eelanalüüsides selgus, et voolavus ja raskusaste ei mõjunud oodatud viisil. Seetõttu otsustati vaadata õigesti ja valesti vastatud katsekordasid eraldi, sest on võimalik, et nende puhul võivad kindlustunde protsessid erineda.

	Valesti vastatud katsekorrad	Õigesti vastatud katsekorrad
Kindlus ja kaldepindala	$r = -0.03,$ $p = 0.28$	$r = -0.11,$ $p < .001$
Normaliseeritud kindlus ja kaldepindala	$r = -0.01,$ $p = 0.57$	$r = -0.11,$ $p < .001$
Kindlus ja suurim kõrvalekalle	$r = -0.04,$ $p = 0.11$	$r = -0.13,$ $p < .001$
Normaliseeritud kindlus ja suurim kõrvalekalle	$r = -0.03,$ $p = 0.18$	$r = -0.15,$ $p < .001$
Kindlus ja täielik vahemaa	$r = -0.06,$ $p = 0.01$	$r = -0.14,$ $p < .001$
Normaliseeritud kindlus ja täielik vahemaa	$r = -0.03,$ $p = 0.24$	$r = -0.15,$ $p < .001$

Joonis 4. Korrelatsioonid normaliseeritud ja normaliseerimata andmete vahel

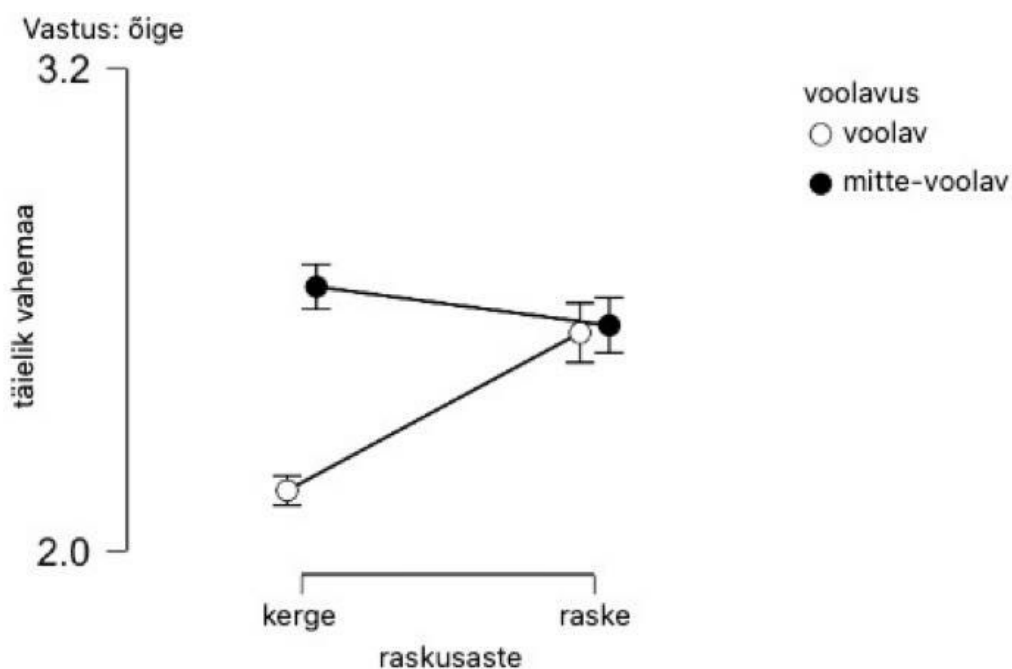
Kindlus seostus kursori trajektoori kõrvalekaldega, kuid ainult õigesti vastatud katsekordadel. Korrelatsioonide suurus ei sõltunud oluliselt sellest, kas vaadeldi normaliseeritud või normaliseerimata andmeid. Järelikult ei tulenenud korrelatsioonid inimestevahelistest erinevustest, vaid katse-esituste vahelistest erinevustest. Lisaks ei erinenud korrelatsioonid kursori trajektoori parameetrite lõikes, seega ei saa tulemust omistada ühe kindla parameetri iseärasusele.

Kuidas mõjutavad voolavus, raskusaste ning vastuse korrektsus kursori trajektoori kogupikkust?

Kuna eelanalüüsides selgus, et voolavus ja raskusaste mõjutavat kindlushinnanguid kindla mustri järgi ning kindlushinnang on seotud kursori trajektooriga, siis analüüsiti, kas kursori trajektoori parameetrid on voolavuse ja raskusastme poolt samasuunaliselt mõjutatud. Kuivõrd korrelatsioonid ei osutanud olulistele individuaalsetele erinevustele, viidi ANOVA läbi normaliseerimata andmetel. Analüüsiks valiti põhianalüüsis kõige tugevama seosega kursori trajektoori parameeter ehk trajektoori kogupikkus. Voolavuse mõju täielikule vahemaale ei olnud statistiliselt oluline [$F(1, 6480) = 0.84, p = 0.36$; osaline $\eta^2 < 0.01$], samuti raskusastme mõju [$F(1, 6480) = 0.004, p = 0.95$; osaline $\eta^2 < 0.01$]. Vastuse

korrektsusel oli statistiliselt oluline efekt [$F(1, 6480) = 6.73, p < 0.01$; osaline $\eta^2 < 0.01$]. Voolavuse, raskusastme ja vastuse korrektsuse interaktsiooni mõju kursori trajektoori parameetritele oli statistiliselt oluline [$F(1, 6480) = 50.71, p < .001$; osaline $\eta^2 = 0.008$]. Täielik vahemaa vähenes ootuspäraselt kergetes ülesannetes kui ülesanne oli mitte-voolav, kuid mitte ülesande raskusastme tõstmisel. Antud tulemus tõstatab hüpoteesi, et kindlustunne võib kursoriparameetritega seotud olla üksnes lihtsates ülesannetes. Selle kontrollimiseks viidi läbi korrelatsioonianalüüs, kus võrreldi kindlustunde korrelatsiooni täieliku vahemaaga lihtsate ja raskete tingimuste puhul. Raskes tingimuses oli korrelatsioon statistiliselt ebaolulise nullilähedase negatiivse seosega ($r = -0.02, p = 0.19$), kergetes tingimustes oli nõrga negatiivse suunaga seos aga statistiliselt oluline ($r = -0.18, p < 0.01$).

Neist tulemustest ilmneb, et katse manipulatsioonidest mõjutab kursori kõrvalekallet sarnaselt kindlustundele üksnes voolavus lihtsates ülesannetes. Sellest võib järeldada, et kursori trajektoori peegeldab psühholoogilisi protsesse, mis osalevad kindlustunde kujunemises pigem lihtsate ülesannete lahendamisel.



Joonis 5. Täieliku vahemaa erinevus kahe raskusastme ja voolavuse tingimuse võrdluses õigesti vastanute puhul. Haarad punktide ümber tähistavad 95% usalduspiire.

Arutelu

Käesolevas töös uuriti seost kindlustunde ja kursori trajektoori vahel eesmärgiga vastata küsimusele, millal kujuneb otsustusprotsessis kindlustunne. Töös võeti vaatluse alla piiratud ajaga korrutamisevõrrandite lahendamine, mis jagunesid kergemateks ning raskemateks, voolavateks ning mitte-voolavateks.

Esialgu analüüsiti katse manipulatsioonide toimimist. Need analüüsid kinnitasid, et katsemanipulatsioonid tekitasid kindlustundes ootuspärast varieeruvust. Ülesande raskusaste mõjutas inimeste vastamist läbivalt, ülesande voolavus mõjutas vastamist vaid kerge raskusastme korral. Voolavuse tulemus ei olnud ootuspärane, kuid seda on võimalik seletada sellega, et voolavuse manipulatsioon oli mõeldud mõjuma kättesaadavuse heuristiku kaudu ning on üsna loogiline eeldada, et inimesed ei kasutanud kättesaadavuse heuristikut raskemate ülesannete puhul, sest siis ei olnud aega seda kontrollida. Kuna ühekohaliste arvude korrutamisega ollakse kindlasti tunduvalt tuttavam kui kahekohaliste arvude korrutamisega, siis mõjub voolavus mälujäljena, mis raskemate ülesannete puhul pole võrdluseks kättesaadavad.

Eelnevale tuginedes saab väita, et läbiviidud katse andmeid saab kasutada vastamaks uuringu põhiküsimusele - kas kindlushinnangud on seotud kursori trajektoori parameetritega? Kui kindlustunne tekib otsuse-aegse mudeli kohaselt, peaks see nii olema. Kui kindlustunne tekib aga otsuse-järgse mudeli kohaselt, ei peaks seoseid leiduma.

Õigesti vastatud katsekordade puhul olid kursori trajektoori kõik kolm parameetrit kindlustundega nõrgas negatiivses korrelatsioonis (Funder & Ozer, 2019). Õigesti vastates ennustavad kõrvalekalde pindala, suurim kõrvalekalle ja täielik vahemaa kindlushinnangut kõige paremini, st suurem parameetri väärtus, mis peegeldab suuremat kõrvalekallet optimaalsest trajektoorist, on seotud madalama kindlushinnanguga. See tulemus näitab, et vähemalt õigesti vastatud katsekordade korral peegeldab otsuse tegemise aegne kursori trajektoori informatsiooni, mis seostub hiljem antud kindlushinnanguga. Miks see seos just õigesti vastates nii hästi välja paistab? See võib tuleneda mitmetest põhjustest. Ühelt poolt võisid valesti vastanud katseisikud sattuda kindlushinnangu küsimusest segadusse (“Kui kindel olid oma valikus vastuse andmise hetkel?”), kui nad taipasid hetk hiljem, et vastasid valesti. Sel juhul peaksid nad väljendama skaalal “pole üldse kindel”, et nende vastus oli õige, kuid võisid segamini ajada ning vastata hoopis “täiesti kindel”, et vastasid valesti.

Teiseks on valede vastuste seas palju rohkem raske raskusastmega ülesandeid ning on võimalik, et kindluse ja kursori trajektoori vaheline seos kehtib vaid lihtsamate ülesannete puhul. Seda toetavad ka viimased analüüsid, millest selgub, et kursori trajektoor läks lühemaks just kerges ja kõrge voolavusega tingimuses (Joonis 5) ning et korrelatsioon hiireparameetrite ja kindlustunde vahel kaob raskete ülesannete puhul. On võimalik, et kerges tingimuses peegeldab hiireparameeter kindlust paremini, sest raskemate ülesannetega pole inimesed niivõrd tuttavad kui kergemate ülesannetega. Raskemate ülesannete puhul võis katseisik vastata juhuslikult ning seejärel hinnata oma kindlust madalaks, ning see välistab hiiretrajektoori parameetrite ja kindlushinnangu vahel stabiilse seose ilmnemise. Kuna katses oli ka ajaline piirang annab see veelgi põhjust uskuda, et juhul kui katseisik ei teadnud, mis on õige vastus, nagu enamikes rasketes ülesannetes, andis ta vastuse juhuslikult.

Korrelatsioonid jäävad õigesti vastatud katsekordade puhul kõikide parameetrite näol väga sarnasesse vahemikku. Seega on nende parameetrite abil võimalik osaliselt ennustada inimese kindlustunnet, kuid seda ainult juhul kui nad vastavad õigesti, mida juhtub eelkõige kergemates ülesannetes (Joonis 4). Kokkuvõtlikult võib öelda, et nende andmete järgi leiab toetust otsuse-aegne mudel, mille kohaselt tekib kindlus paralleelselt otsuse langetamisega ning seda on võimalik demonstreerida seosena hiireparameetrite ja kindlushinnangu vahel lihtsates otsustusülesannetes.

Kursori trajektoori ja hiireparameetri seos on kerge raskusastme puhul ootuspärane. Kui voolavus on kõrge on täielik vahemaa lühem ning kui voolavus on madal, siis on täielik vahemaa pikem. Raske raskusastme puhul näeme, et kursori trajektoor on põhimõtteliselt sama suur vaatamata voolavuse mõjutusele (Joonis 5). Seega paistab, et kursori trajektoor annab otsuse kohta erinevat infot sõltuvalt sellest, milliseid strateegiaid inimesed otsustamisel kasutavad. Kui otsused on rasked, siis ei pruugi kursori trajektoor nii palju infot anda, võrreldes sellega, kui otsused on kerged. Millistel põhjustel see täpselt nii on, on üheks antud töös tõstatavaks edasiseks uurimisküsimuseks. Käesolev töö uuris kindlustunde kujunemist ajas kasutades selleks kursori trajektoori analüüsi. Mõned faktorid võisid töötulemusi mitte soovitud viisil mõjutada. Näiteks oli katseisikutel katse ajal peas EEG aparatuur, mis on üsna ebamugav. Lisaks peab arvestama sellega, et matemaatika ülesannete lahendamine oli vaimselt kurnav ning kuna katseisikutele esitati 128 esitust korrutamisesülesandeid, siis on võimalus, et nende motivatsioon ülesandeid korrektselt lahendada ja kindlustunnet adekvaatselt hinnata oli mingil hetkel madal, mis võis olla üheks müraallikaks põhiküsimuse

analüüsis. Eelanalüüsides selgus, et sõltumatute muutujate manipulatsioonid ei mõjunud täpselt soovitud viisil - voolavuse mõju raskemate ülesannete puhul ei olnud ootuspärane. See võis tuleneda sellest, et rasked probleemid tekitavad segadust ning neid lahendatakse teistmoodi kui kergemaid probleeme. Seega võib väita, et voolavus otustusprotsessi mõjutusena toimib eelkõige lihtsate, heuristiliste otsuste puhul.

Uuringu eesmärk oli leida vastus küsimusele kas kindlushinnangu ja kursori trajektoori parameetrite vahel on seos kõrgemat kognitiivset võimekust nõudvate ülesannete puhul. Tulemustest selgus, et kergemate ülesannete puhul peegeldab kursori trajektoori kindlushinnangut, raskemate ülesannete puhul see ei kehti. Analüüsitud hiiretrajektoori parameetrite puhul esines õigesti vastatud katsekordadel kõigil sarnasesse vahemikku jääv seos kindlushinnanguga, millest võib järeldada, et erinevate kursori trajektoori parameetrite abil on võimalik osaliselt ennustada milliseks kujuneb kindlushinnang eelkõige lihtsates otsustusülesannetes.

Allikad

- Barca, L. & Pezzulo, G. (2012). Unfolding Visual Lexical Decision in Time. *PLoS ONE* 7(4): e35932. doi:10.1371/journal.pone.0035932
- Cohen, J. (1973). Eta-Squared and Partial Eta-Squared in Fixed Factor Anova Designs. *Educational and Psychological Measurement*, 33(1), 107–112. doi: 10.1177/001316447303300111
- Desender, K., Boldt, A., & Yeung, N. (2018). Subjective Confidence Predicts Information Seeking in Decision Making. *Psychological Science*, 1–18. doi: 10.1177/0956797617744771
- Dotan, D., Meyniel, F., & Dehaene, S. (2018). On-line confidence monitoring during decision making. *Cognition*, 171, pp 112–121. doi: 10.1016/j.cognition.2017.11.001
- Fleming, S. M., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2012). Metacognition: computation, biology and function. *Phil. Trans. R. Soc. B*, (2012) 367, pp 1280–1286. doi:10.1098/rstb.2012.0021
- Freeman, J. B. (2018). Doing Psychological Science by Hand. *Current Directions in Psychological Science*, 096372141774679. doi:10.1177/0963721417746793
- Funder, D. C., & Ozer, D. J. (2019). Evaluating Effect Size in Psychological Research: Sense and Nonsense. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 2(2), 156–168. doi: 10.1177/2515245919847202

- Grimaldi, P., Lau, H., & Basso, M. A. (2015). There are things that we know that we know, and there are things that we do not know we do not know: Confidence in decision-making. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 55, 88–97. doi:10.1016/j.neubiorev.2015.04.006
- JASP Team (2019). JASP (Version 0.11.1)[Computer software]
- Kieslich, P. J., Henninger, F., Wulff, D. U., Haslbeck, J. M. B., & Schulte-Mecklenbeck, M. (2018). Mouse-tracking: A practical guide to implementation and analysis. doi: 10.31234/osf.io/zuvqa
- Konstabel, K., Lönnqvist, J. E., Leikas, S., Velazquez, R. G., Qin, H., Verkasalo, M., & Walkowitz, G. (2017). Measuring single constructs by single items: Constructing an even shorter version of the “Short Five” personality inventory. *PloS one*, 12(8), e0182714. doi: 10.1371/journal.pone.0182714
- Maldonado, M., Dunbar, E., & Chemla, E. (2019). Mouse tracking as a window into decision making. *Behavior Research Methods*. doi: 10.3758/s13428-018-01194-x
- McKinstry, C., Dale, R., & Spivey, M. J. (2008). Action Dynamics Reveal Parallel Competition in Decision Making. *Psychological Science*, 19(1), 22–24. doi:10.1111/j.1467-9280.2008.02041.x
- Peirce, J. W., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M. R., Höchenberger, R., Sogo, H., Kastman, E., & Lindeløv, J. (2019). PsychoPy2: experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, Volume 51, Issue 1, pp 195–203. doi: 10.3758/s13428-018-01193-y
- Redi, K. (2017). Vajadus kognitiivse selguse järele küsimustiku adapteerimine ja seosed sotsiaalse soovitavusega. (Thesis, Tartu Ülikool). Retrieved from <https://dspace.ut.ee/handle/10062/57298>
- Thompson, V. A., Turner, J. A. P., & Pennycook, G. (2011). Intuition, reason, and metacognition. *Cognitive Psychology*, 63 (2011), pp 107–140. doi:10.1016/j.cogpsych.2011.06.001

Käesolevaga kinnitan, et olen korrektselt viidanud kõigile oma töös kasutatud teiste autorite poolt loodud kirjalikele töödele, lausetele, mõtetele, ideedele või andmetele.

Olen nõus oma töö avaldamisega Tartu Ülikooli digitaalarhiivis DSpace.

Paula Proos