

Tartu Ülikool
Sotsiaalteaduste valdkond
Psühholoogia instituut

Liisa Aavik

SILMADE LIIKUMISED KESKMISE SUURUSE HINDAMISEL

Uurimistöo

Juhendajad: Jüri Allik (PhD), Richard Naar (MA)

Läbiv pealkiri: Keskmise suuruse hindamine

Tartu 2017

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

Silmade liikumised keskmise suuruse hindamisel

LÜHIKOKKUVÕTE

Keskmise suuruse hindamise kiirus ja täpsus kõnelevad sellest, et otsused langetatakse piiratud arvu selleks välja valitud objektide põhjal. Uurimistöö eesmärk oli välja selgitada, kas keskmise suuruse hindamine sõltub inimese pilgu asendist. Katseisikutel tuli lahendada ülesanne, mille sisuks oli hinnata, kas kaheksa ringi keskmine suurus on suurem või väiksem etaloni suurusest. Ülesande lahendamisel registreeriti katseisikute silmaliikumised Tobii silmaanduriga. Analüüsiti pilgu asukoha ja vastuse õigsuse vahelist korrelatsiooni. Järeldati, et kuigi keskmise suuruse hindamise täpsus ja pilgu kaugus erindist ei seostunud üksteisega väga tugevalt, siis saadud statistiliselt olulised seosed pilgu asukoha ja vastamistäpsuse vahel toetavad enam teooriaid, mis võtavad eelduseks, et keskmine hinnang langetatakse piiratud arvu objekte arvesse võttes.

Märksõnad: keskmine suurus, silmaliigutused, hindamine

Eye movements during mean size estimation**ABSTRACT**

The speed and accuracy of mean size perception refer that the decisions on mean size are made based on a limited amount of chosen objects. The purpose of this research was to understand whether mean size perception depends on the location of a person's gaze. The test subjects had to solve a task that involved estimating whether the average of eight circles was bigger or smaller than the reference stimulus. While solving the task, eye movements were registered with Tobii eye tracker. The correlation between gaze location and accuracy of the answer was analyzed. It was concluded that although the accuracy of the mean size estimation and distance from the deviant stimulus did not correlate very strongly, the statistically significant correlations between gaze location and accuracy of the estimate support theories that presume that mean size estimation is based on a limited amount of objects.

Keywords: mean size, eye movements, estimation

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

SISSEJUHATUS

Keskmise suuruse hindamise mehhanism on automaatne ja kiire

Viimase kümmekonna aasta üheks kõige märkimisväärsemaks sündmuseks tajupsühholoogias on väide, et inimese nägemine suudab kiiresti ja automaatselt välja arvutada teatud kujutise omaduste statistilisi keskmisi (Ariely, 2001; Chong & Treisman, 2003, 2005b). Selle väite olulisus seisneb selles, et lisaks konkreetsetele füüsilistele tunnustele on nägemissüsteem võimeline esindama ka abstraktseid tunnuseid, mis tekivad teatud arvutuste tagajärjel. Mõne aasta tagused uuringud kinnitavad, et inimese nägemises on mehhanism, mis suudab automaatselt, kiiresti ja ilma pikema kaalumiseteta hinnata objektide keskmist suurust (Allik, Toom, Raidvee, Averin, & Kreegipuu, 2013, 2014).

Mis on sakaadid ja milline on nende roll keskmise suuruse hindamisel?

Keskmise suuruse hindamise mõistmise võtmeks võiks olla silmade liikumise mustrid. Inimene kasutab kiireid hüppelisi silmade liikumisi ehk sakaade, mis kestavad 20-30 ms ja võivad toimuda mitu korda sekundis, et pöörata tähelepanu huvipakkuvatele asjadele ning mõista ümbritsevat keskkonda. Erinevate silmaliigutustega tekivad võrkkestal erinevad kujutised, millest nägemissüsteem peab moodustama terviku. Selline pildikestest koosneva filmi kokkumonteerimine koosneb kolmest etapist. Esiteks tuleb tervikuks siduda visuaalväljas olevad objektid nii enne kui ka pärast sakaadi. Teiseks, kuna silmaliigutustest põhjustatud võrkkesta liikumine on tugev visuaalstiimul, mida ei tohi segi ajada reaalse objekti liikumisega, tuleb seda teadvuse eest peita või teadvuses eriliselt märkida. Kolmandaks, tähelepanu ressursid on piiratud, mistõttu peab aju need ressursid iga sakaadi puhul ümber paigutama (Ibbotson & Krekelberg, 2011).

Inimese silm on ehitatud selliselt, et retseptorite suurim tihedus on silma keskkohas ehk foveas (Kowler, 2011). Fovea on nii primaatidel kui ka näiteks küttkalal (lad k *toxotes jaculatrix*) suunatud otse ette ja binokulaarse visuaalväljaga. Selle eesmärk on näha äärmiselt täpselt (Segev, Schneidman, Goodhouse, & Berry, 2007). Perifeerias langeb retseptorite tihedus väga kiiresti, mis tähendab, et peened detailid on nähtavad vaid siis, kui inimene on suunanud oma pilgu huvi pakkuvale objektile. Paljud nägemise ülesanded on lahendatavad vaid siis, kui me mingit objekti fikseerime. Sakaadid ongi silma liigutused, mis toovad nägemise jaoks olulised detailid parima nägemise alasse. Need võivad põhineda sisemistel mudelitel, milles on arvestatud nägemissüsteemi piiranguid, ning mudelitel, milles on paika pandud ülesande sooritamiseks vajalik järjekord. Kuigi üldiselt fikseeritakse punkte, mis on

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

ülesande lahendamiseks optimaalsed, teeb vaatleja tihti kasutuid sakaade selleks, et vähendada nende planeerimisele kuluvat aega. Lisaks võimaldavad silmaliigutuste planeerimise mehhanismid silmaliigutusi kiirelt muuta (Kowler, 2011). Nii inimese kui ka küttkala visuaalotsing tugineb sarnasele strateegiale: kiired sakaadid liigutavad pilku huvi pakkuvatele objektidele ja pilk püsib fiksatsiooniperioodide ajal suhteliselt stabiilne. Inimese ja küttkala sakaadide genereerimise ühisele mehhanismile võib viidata see et, mõlemal on sakaadi amplituudi ja keskmise kiiruse vahel lineaarne suhe (Segev et al., 2007).

Segev et al. (2007) uurisid küttkala peal, kuidas silmaliigutused aitavad kaasa visuaalse retinaalinfo kodeerimisele. Küttkala on India ookeani riimveekala, kes paiskab putukaid vette suust purskuva veejoaga („[EKSS] ‘Eesti keele seletav sõnaraamat’“, 2017). Küttkala treeniti täpselt eristama keskmise suurusega objekte suurematest ja väiksematest kõrvalistest objektidest ning sellest märku andma veejoa välja purskamisega objekti suunas. Uurijad kvantifitseerisid selle kala võimet eristada erineva suurusega objekte. Lisaks mõtsid nad kalale stiimulite esitamise ajal ganglionirakkude aktiivsust reetinas ning vabalt ujuvate kalade silmaliigutusi. Leiti, et küttkalad kasutavad sakaade ja fiksatsioone sarnaselt inimesele. Sakaadid tekitasid ganglionirakkudes palju efektiivsemalt informatiivseid vasteid kui fiksatsioonilised liigutused. See kinnitab, et sakaadidega saab keskkonnast teha kõrge kvaliteediga momentvõtteid. Autorid järeldasid oma tööst, et tavanägemise ajal tuleb enamik meie infot sakaadidest (Segev et al., 2007).

Paralleelne kõikide elementide arvesse võtmise teooria versus üksikute objektide arvesse võtmise teooria keskmise suuruse hindamist puudutavas arutelus

Keskmise suuruse hindamise arvutusprotsessist rääkides lähevad uurijate arvamused lahku. Ühed arvavad, et keskmise hindamine toimib paralleelsetele ja valdavalt automaatsetele süsteemidele tuginedes võimaldades arvesse võtta kõiki elemente. Teiste meelest saaks samu tulemusi seletada ka juhul, kui katseisikud võtaksid hindamisel arvesse ainult osa elemente.

Paralleelse keskmise suuruse töötlemise ideed tugevdas oluliselt leid, et vaatlejad suudavad üsna täpselt geomeetriliste kujude keskmisi suurusi raporteerida isegi siis, kui nad ei suuda meenutada infot hulgast eraldiseisvate elementide kohta (Ariely, 2001; Allik et al., 2013). Kui visuaalsüsteem keskendub eraldi objektide asemel stseeni paralleelselt töödeldavatele globaalsetele omadustele, võib visuaalsüsteem vältida piiranguid, mida osutab tähelepanu vajadus siduda ja säilitada töömälu eraldi visuaalseid objekte. Sellised kujundite omaduste statistilised representatsioonid võivad olla aluseks meie võimele tajuda ja eristada

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

stseenide põhisisu lühikese esitusaja ja minimaalsete tähelepanu ressursidega (Myczek & Simons, 2008).

Vaatlejad suudavad teatud juhtudel tajuda paljude vaadeldavate elementide kokkuvõtlikke representatsioone tegemaks kindlaks vaatevälja üldist omadust. Näiteks võivad vaatlejad teha kindlaks erinevates suundades erineval kiirusel liikuvate täppide üldist liikumissuunda (Watamaniuk & Duchon, 1992). Selline üleüldise mustri tajumine vaateväljal on mingil määral sarnane tekstuuritajule (Cavanagh, 2001). Liikumist ja suunda kajastavad sensoorsed signaalid, mis koondatakse visuaalväljalt, aitavad tajuda visuaalvälja peamist suunda või liikumist. Need leiud on tõendiks, et jälgijad suudavad kiiresti arvutada hulkade statistilisi keskmisi lootmata sealjuures fokuseeritud tähelepanule (Ariely, 2001; Chong & Treisman, 2003, 2005b, 2005a). Töötlus võiks selle teooria järgi toimuda paralleelselt, eraldades keskmise suuruse globaalselt, keskendumata eraldi igale objektile. Isikutel pole aega iga elementi eraldi keskendumult inspekteerida, kuid nad suudavad keskmise suuruse ülesande ikkagi efektiivselt sooritada (Myczek & Simons, 2008). See on eriti hästi nähtav ülesannetes, kus objektide hulk on näha nii lühikest aega, et inimene ei jõuaks neid ka parima tahtmise juures analüüsida.

Paralleelse kõikide objektide töötlemise teooria probleem on eeldus, et see ongi ainuke võimalik viis objekte analüüsida. Tegelikult on olemas ka alternatiivne selgitus, et otsus langetatakse üksikute objektide põhjal. Kui inimene hindab näiteks N objekti (ringid, kriipsud, muud geomeetrilised kujundid) keskmist suurust, siis statistika teooria kohaselt peaks keskmise suuruse hindamise täpsus suurenema objektide arvu kasvuga (Fouriezos, Rubenfeld, & Capstick, 2008). Tegelikult on aga teada, et hindamise täpsus jääb ligikaudu samaks sõltumata hinnatavate objektide arvust. See tähendab üht kahest. Esiteks võib hindamise täpsus minna mingil põhjusel halvemaks iga täiendava objekti lisamisel. Teine ja realistlikum võimalus on see, et nägemise töötlusvõime on piiratud ja otsus langetatakse mingi piiratud arvu objektide pealt, mida inimene on võimeline arvesse võtma (Allik et al., 2013; Myczek & Simons, 2008). Näiteks Myczek ja Simons (2008) – nähtamatu gorilla demonstratsiooni autorid – näitasid, et kõik seni avaldatud keskmise suuruse hindamise katsed on seletatavad lihtsa oletusega, et inimene suudab hinnata maksimaalselt 2–3 juhuslikult välja valitud objekti suurust. Tegemist on väga usutava oletusega, mille kohta puudub veenev tõestus.

Erinevate uuringute tulemused on kinnituseks, et vaatleja suudab kasutada vaid murdosa saadaolevast infost (Burgess, Wagner, Jennings, & Barlow, 1981; Raidvee, Averin,

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

Kreegipuu, & Allik, 2011; Rose, 1948). Täpsus, millega suudetakse keskmise suuruse hindamise ülesannet täita, kõneleb pigem sellest, et otsused langetatakse mitte kõigi, vaid piiratud arvu selleks välja valitud objektide põhjal (Allik et al., 2013; Myczek & Simons, 2008). On mitmeid tõendeid sellest, et kogu saadaoleva info kasutamine on ebarealistlik. Üks näide on tähelepanupimedus, mis tähendab, et tihti jäävad inimesel ootamatud objektid märkamata (Simons, 2000). Teine näide on muutuse pimedus (näiteks silmaliigutuse ajal), mistõttu jäävad märkamata suured muutused, mida tavaolukorras märgataks (Simons & Rensink, 2005).

Samamoodi, nagu kõikidest silma võrkkestale langevatest valguse kvantidest kasutatakse töötluses ära vaid väga väike hulk (Barlow, 1956), on inimese nägemine valiv, jättes märkamata suure hulga silmatorkavaid sündmusi või objekte. Üks kõige tuntumaid demonstratsioone on nähtamatu gorilla katse, kus ligi pooled vaatajad ei pane tähele palle loopivate ja püüdvate inimeste vahel jalutavat gorillat (Chabris & Simons, 2010). Üheks võimalikuks seletuseks, miks mõnda asja ei märgata on see, et inimene ei pööra oma pilku mõnede objektidele, mistõttu jäävad need tähelepanuta.

Uurimistöö probleem

Paljude nägemisülesannete lahendamine ei sõltu silmade asendist. Näiteks, kui nägemisväljas on vaid mõned üksikud objektid, mis on üksteisest selgelt eristatavad, siis võib olla nii, et ülesande lahendamiseks pole tarvis pilgu suunda üldse muuta. Selliste ülesannete lahendamiseks ei ole objektile, millest sõltub ülesande lahendus, üldse vajalik otsa vaadata. Kuid samal ajal võib ülesande edukuse määr sõltuda vaatekohast. Juhul, kui fiksatsioon on kriitilisele objektile lähedal, siis võib ülesande eduka lahendamise tõenäosus paraneda sõltuvalt kaugusest fiksatsiooni ja kriitilise objekti vahel. Kerkib aga esile probleem, et pole hästi teada, kuidas kõigist stiimuliks olevatest objektidest valitakse välja väiksem alahulk, mille põhjal langetatakse keskmise suuruse otsused.

Uurimistöö eesmärk

Selle töö eesmärgiks on näidata, et suuruse eristamise ülesande sooritus sõltub ülesande lahendaja silmade asendist. Hüpootees on, et ülesande lahendamise edukus sõltub (muude tegurite kõrval) sellest, kui kaugel on silmad kriitilisest elemendist, mis määrab ära selle, kas testobjektide keskmise suurus on etalonsuurusest suurem või väiksem. Kui kaugus silma asendi ja kriitilise elemendi vahel on seotud õigete vastuste protsendiga, siis on see tõestus sellele, et vaatleja teeb mingil viisil valiku elementide seas. Uurimistöö usaldusväarsuse aitavad tagada

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

kindlad mõõtmiskriteeriumid. Katseisikute ülesandeks on sooritada keskmise suuruse hindamise ülesanne samal ajal, kui nende silmade liikumisi registreeritakse silmaseirajaga. Töö autor uuris taustakirjandust, osales katsete planeerimises, ülesseadmises ja läbiviimises, analüüsis andmeid ning raporteeris ja tõlgendas tulemusi.

MEETOD

Valim

Katse valim koosnes üheksast vabatahtlikust inimesest, kes leiti interneti vahendusel (vanus=22, SD=1.79, kaheksa naist ja üks mees). Käitumuslike andmete analüüsist jäi välja üks katseisik, kelle vastused ei sõltunud hinnatavate stiimulite suurusest, andes keskmiselt 85% „suurem“-vastuseid kõigi suuruste korral (SD = 6%). Silmaandmete analüüsist jäi välja veel üks katseisik, kelle puhul jäid pärast silmaandmete puhastamist alles vähem kui pooled seeriad (vt lähemalt „Andmete registreerimine ja puhastamine“). Katse kuulutuses teavitati, et lähtuvalt katse metoodikast (kiiresti vahelduvad stiimulid) ja Tobii silmaanduri ohutuseeskirjadest („Safety guidelines“, 2017) ei ole katse soovitatav epilepsia ja migreeni diagnoosiga katseisikutele. Lisaks seati tingimuseks, et katseisik peab katsesse tulles end hästi tundma: olema puhanud, söönud, piisavalt vedelikku tarvitanud.

Katse materjalid

Katse viidi läbi Tartu Ülikooli Psühholoogia instituudis. Katse programmeerimiseks ja esitamiseks kasutati MATLABi versiooni 2014b (MathWorks, Inc.). Silmaandmete registreerimiseks kasutati silmaseirajat *Tobii X2-60*. Katset jooksutati katsearvutil STIM3 (Dell Precision, M6800, 17.3" displei, resolutsiooniga 1920×1080 pikslit). Katseisikute peasendi fikseerimiseks kasutati lõuatuge.

Arvuti, silmaanduri ning katseisiku asendi fikseerimine

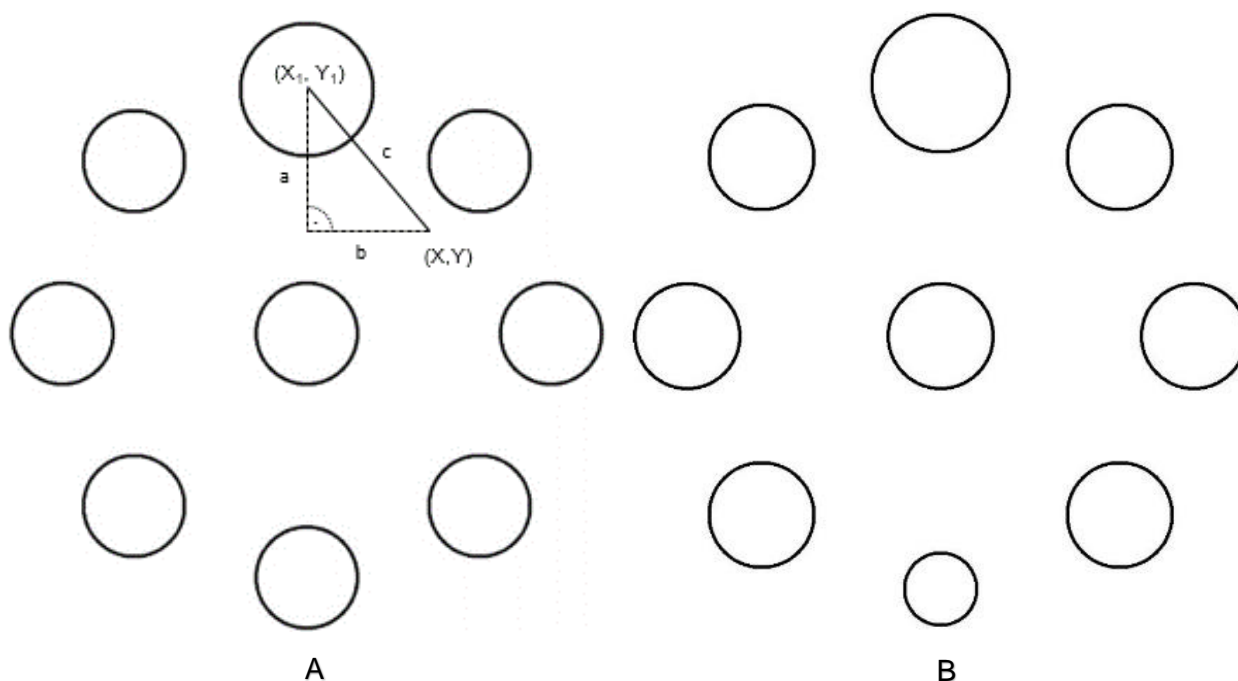
Enne katse alustamist seadistati silmaandur vastavalt katsearvuti parameetritele (displei suurus, ekraani kaldenurk, anduri kaugus ekraanist jne). Katseisik oli arvutiekraani keskosast 58 cm kaugusel. Arvuti ja lõuatugi paiknesid reguleeritava kõrgusega laual ning nende kõrgused reguleeriti kõigile katseisikutele individuaalselt. Hea asendi leidmiseks küsiti katseisikult, kas ta näeb enda silmade peegeldust silmaanduri keskosas. Katse toimus hämaras

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

ruumis. Enne mõõtmise juurde asumist kalibreeriti silmaandur iga katseisiku jaoks eraldi. Kalibreerimise ajal pidi katsealune fikseerima pilgu viies ekraani punktis.

Stiimulid ja katse käik

Katses esitati üheksa ringikujulist stiimulit nii, et üks ring paiknes keskel ja ülejäänud ühtlaste kaugustega (350 px) selle ümber. Kasutati stiimulite paigutust, mida kasutasid Allik, Toom, Raidvee, Averin, & Kreegipuu (2013). Katse sisuks oli hinnata, kas keskmise ringi ümber paiknevate ringide suurus oli keskmiselt suurem või väiksem etaloni suurus. Etalonstiimul ($d = 150$ px), mille keskosa asetses täpselt ekraani keskel, püsis ekraanil kogu katse jooksul. Etalonstiimuli ümber paiknevale mõttelisele ringjoonele ($d = 700$ px) esitati kaheksa ringikujulist stiimulit 45-kraadiste vahekaugustega.



Joonis 1. (A) Ühe teistest erineva stiimuliga esituse näide. Silmaandmeid analüüsid kasutasime fikseerimispunkti (X, Y) kaugust erindist (X_1, Y_1) , mis leiti järgmiselt: $c^2 = a^2 + b^2$ ehk fikseerimispunkti kaugust erindist $= \sqrt{((Y_1 - Y)^2 + (X_1 - X)^2)}$, kus X ja X_1 ning Y ja Y_1 tähistavad vastavalt fikseerimise ja erindi keskpunkti x - ja y -koordinaate. (B) Kahe teistest erineva stiimuliga esituse näide. Eskel paiknevast etalonstiimulist on üks ring suurem, teine väiksem. Erindid paiknevad üksteise suhtes vastakuti.

Etaloni ümber paiknevad ringid olid enamuses sama suurusega. Etalonist erinesid seeriati suuruse poolest vaid üks või kaks tstringi. Juhuslikult valitud 90%-l seeriatest erines etalonist üks ring ja ülejäänud 10%-l kaks ringi (vt joonis 1). Teistest erineval stiimulil oli kuus taset, mis saadi vähendades või kasvates etaloni diameetrit 10%, 20% või 30%. Seeriates, kus

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

erines kaks teststiimulit, esitati need vastakuti asetsevatesse positsioonidesse nii, et nende keskmine suurus oleks võrdne etalonide suurusega: st -30% ja +30%; -20% ja +20%; -10% ja +10%. Esimese tingimusega (üks erinev teststring) oli üheksa ja teisega (kaks erinevat teststringi) üks seeria iga positsiooni ja suuruse kohta (kokku vastavalt 432 ja 48 seeriat). Stiimulite esitusajaks oli 200 ms. Iga 120 seeria järel oli paus, mille kestus sõltus katseisiku nupuvajutusest (vt katse esimeste seeriade ülesvõtet siit: <https://youtu.be/wV-9hjs2fTw>).

Katse ülesande seletamine katseisikule

Enne päris katse juurde asumist sai katseisik võimaluse keskmise hindamist kuuel seerial proovida. Eesmärk oli seeläbi pakkuda võimalust katsega lähemalt tutvuda ja teha kindlaks, et katseisik mõistab ülesannet. See koosnes kuuest seeriast (üks esitus iga teststiimuli suuruse kohta juhuslikult valitud positsioonis) ning katseisik sai pärast iga hinnangut tagasiside, kas vastus oli “õige” või “väär”. Katse läbiviija küsis alati pärast seda, kas katseisik sai katsest aru ja seletas veel igaks-juhuks suuliselt näidete toel katse olemust.

Päris katse ajal tehti uurimistööks olulised mõõtmised. Katse läbiviija lisas, et katse käigus on ka pausid, mil katseisik võib korraks sirutada ja ekraanist eemale vaadata. Katse läbiviija küsis veelkord, kas katseisikul on küsimusi ning kas katse juhend oli arusaadav. Kui katseisik ütles, et ta on katsest aru saanud, lahkus katse läbiviija ruumist ja katseisik jätkas iseseisvalt. Katse kestis kokku 40-60 minutit.

Andmete registreerimine ja puhastamine

Katseisikute silmaliigutusi registreeriti silmaseiraja Tobii X2-60 abil. Igal seerial alustati silmaandmete registreerimist 200 ms enne ja lõpetati 1500 ms pärast teststiimulite esitamist. Silmaandur registreeris kummagi silma x- ja y-koordinaadid nii, et ekraani piiridesse jäävad silmaandmed varieerusid nullist üheni. Enne analüüside juurde minemist teisendati silmaandmed piksliteks. Analüüsist jäi välja üks katseisik, kes ülehindas kõigi esitatud kogumite suuruseid ($M = 85\%$, $SD = 6\%$). Lisaks treeningseeriatele jäeti välja kahe erindiga seeriad, mis lisati katsele selleks, et suunata katseisik jälgima kõiki etaloni ümber esitatud stiimuleid - nendel seeriatel mõõdetud andmeid selles töös ei analüüsita. Andmete analüüsis kasutati stiimuli esitusele järgnenud mõõtmisest 200 ms. Analüüsis kasutati katseisiku vasaku ja parema silmakoordinaatide aritmeetilist keskmist.

Silmaandmete puhastamiseks ja visualiseerimiseks kasutati vabavaralist andmetöötlusprogrammi R (R Core Team, 2013) ja RStudio (RStudio Team, 2015). Etaloni

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

ümber määrati 980 px küljepikkusega ruudukujuline huviala, mille keskpunkt kattus etalonringi keskpunktiga. Huvialasse jäävate silmaandmetena arvestati neid, mille puhul oli Tobii silmaanduri poolt väljastatud valiidsuskood kõrgeim (mõlema silma puhul) ning mis ka jäid määratud huviala piiresse. Analüüsi kaasati seeriad, mille puhul oli kasutada vähemalt 75% silmaandmetest. Siinkohal jäi analüüsist välja veel üks katseisik, kelle puhul tulnuks selle kriteeriumi kohaselt loobuda 53%-ist seeriast. Ülejäänud seitsme katseisiku puhul jäi välja keskmiselt 15.3% seeriast (SD = 11.7%). Saadud silmaandmetest võeti analüüsi vaid need, mille puhul silmaanduri poolt väljastatud valiidsuskood oli kõrgeim. See tähendab, et mõlemad silmad olid usaldusväärselt mõõdetud (98.5%).

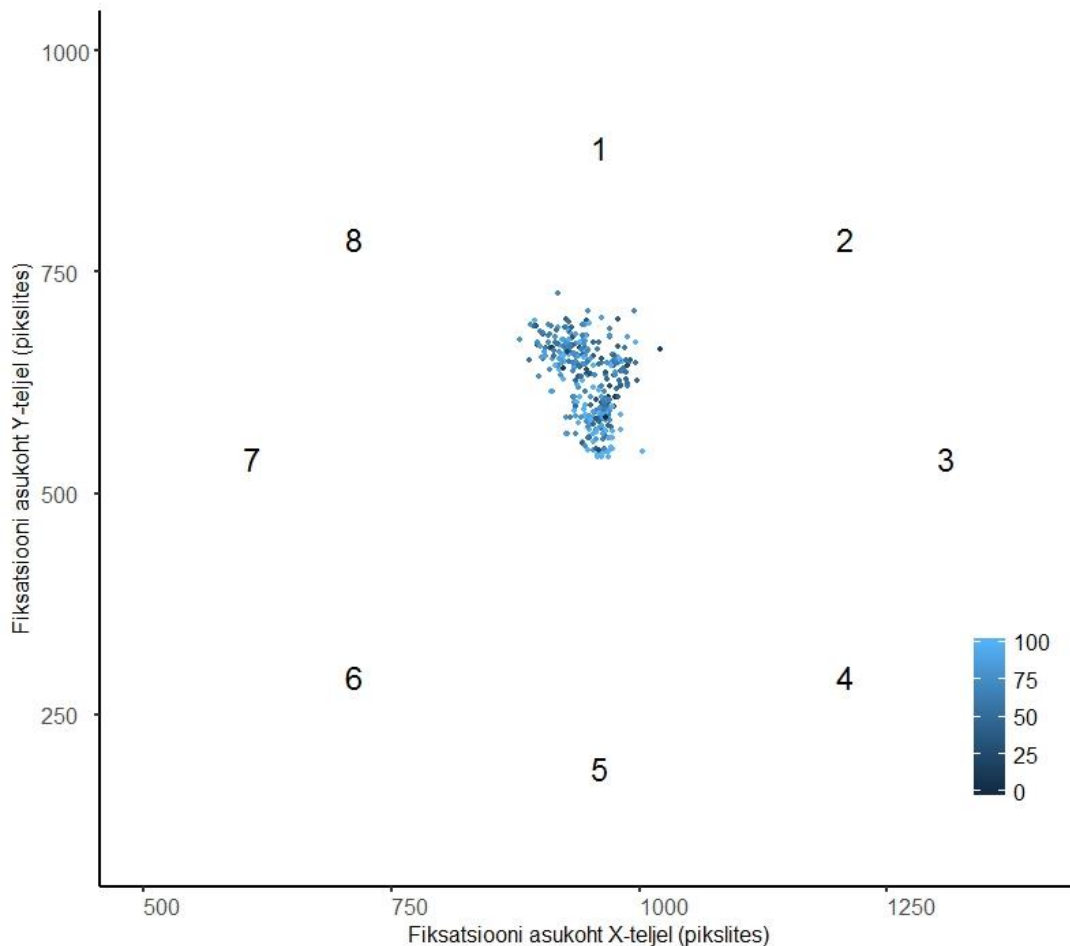
Fiksatsioonide leidmiseks kasutati R-i paketti *emov* (versioon 0.1.1, Schwab, 2016), mis rakendab varasemas töös välja pakutud silmaandmete dispersioonil põhinevat meetodit (Duchowski, Karn, & Senders, 2000). Silmaandmete dispersioon leiti valemi $D = [\max(x) - \min(x)] + [\max(y) - \min(y)]$ kaudu, kus $\max()$ ja $\min()$ tähistavad vastavalt maksimaalset ja minimaalset silmade asukohta x- või y-teljel. Lähtudes meetodi aluseks olnud töös (Duchowski et al., 2000) väljapakutud soovituslikest lävendväärtustest seati fiksaiooni minimaalseks kestuseks 100 ms ja maksimaalseks silmaandmete dispersiooniks 2° ehk umbes 20.2 mm (monitori kaugus: 580 mm ja ekraani laius: 384 mm; ekraani keskele esitatud etaloni suurus: 30 mm). Fiksatsioonid leiti 88.5%-le seeriast. Ülejäänud seerial võeti analüüsi silmaandmete aritmeetiline keskmine. Lõplikku analüüsi jäid fiksaioonid, mis esinesid vahetult pärast stiimuli esitamist. Keskmiseks esimese fiksaiooni algusajaks pärast esitust oli 40 ms (SD = 68 ms). Järgmiseks leiti Pythagorase teoreemi kaudu fiksaioonide kaugus erindist (vt Joonis 1). Puhastatud andmete analüüsimiseks kasutati programmi SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). Vabadusastmete ja p-väärtuste raporteerimisel, kasutati vajadusel (Mauchly test < 0.05) *Greenhouse-Geisseri* või *Huynh-Feldti* (kui GG > 0.75) korrektsiooni.

TULEMUSED

Esiteks kontrollisime kordumõõtmiste dispersioonanalüüsiga, kas katseisikute vastused sõltusid ringi suuruselt või asukohast. Katseisikute “suurem”-vastuste protsent (üle kuue suuruse ja kaheksa positsiooni) sõltus erindi suuruselt ($F(1.7, 11.6) = 28.29, p = .000, h_p^2 = 0.802$), kuid mitte asukohast ($F(7.49) = 0.4, p = 0.879, h_p^2 = 0.058$). Pärast silmaandmete puhastamist alles jäänud andmetel tehtud analüüsid näitasid, et katseisikute keskmine õigete

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

vastuste protsent sõltus suurusest (ANOVA; $F(1.8, 11.0) = 6.31$, $p = 0.017$, $h_p^2 = 0.51$), kuid mitte asukohast ($F(2.4, 15.4) = 1.3$, $p = 0.307$, $h_p^2 = 0.18$). Vaatasime, kas vastamistäpsus sõltus lisaks stiimulite suurusele ka sellest, kuhu katseisik stiimulite esitamise ajal oma pilgu suunas. Selgus, et esimese fiksatsiooni asukoht pärast stiimuli esitust ja vastuse õigsus korreleeruvad omavahel küll statistiliselt oluliselt, kuid seos pole väga tugev ($r_s = -0.14$, $p = 0.005$). Tingimuste keskmine fiksatsioonide hajuvus ja seos vastuste täpsusega on nähtav joonisel 2.



Joonis 2. Katseisikute keskmised fiksatsioonide asukohad üle suuruse ja positsiooni. Sinise värvi gradient tähistab keskmist õigete vastuste protsenti nullist sajeni ($N = 7$).

Keskmitasime saadud silmaandmed üle kõigi positsioonide, et vaadata fiksatsioonide kauguse ja vastamistäpsuse vahelist seost, kaasamata vastamistäpsusele erindi suurusest tulenevat variatiivsust. Keskmise vastamistäpsuse ja fiksatsiooni kauguse vaheline korrelatsioon üle kõigi positsioonide oli $r_s = -0.29$ ($p = 0.016$).

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

ARUTELU JA JÄRELDUSED

Erinevaid uurijaid on huvitanud küsimus, kuidas toimub keskmise suuruse hindamine. Ühed arvavad, et võetakse arvesse kõiki objekte paralleelselt (Ariely, 2001; Chong & Treisman, 2003, 2005b). Näiteks keskmistamise sooritus on parem hajutatud tähelepanu puhul (Chong & Treisman, 2005a), keskmise suuruse hindamise sooritus on parem eraldi objektide töötlemise sooritusest (Ariely, 2001) ja keskmise suuruse hindamise sooritus on suhteliselt mõjutamata vaateajast või kogumi suurusest (Ariely, 2001; Chong & Treisman, 2003). Väide, et need leiud toetavad paralleelse keskmistamise mehhanismi, tugineb aga eeldusele, et inimene arvutab keskmise välja kõigi objektide põhjal (Myczek & Simons, 2008). Teised on toonud välja eelneva teooria miinuseid ja pakkunud, et keskmiste suuruste hindamine võiks toimuda hulgast välja valitud üksikute objektide põhjal (Allik et al., 2013; Myczek & Simons, 2008). Selle kohta on aga puudunud veenev tõestus. Selle töö eesmärgiks oli see tühimik täita.

Uurimistöö alguses püstitati hüpotees, et keskmise suuruse edukus sõltub silmade asendist. Leiti, et statistiliselt oluline korrelatsioon on küll olemas, kuid see ei ole väga tugev. See tähendab, et erinevate teooriate pooldajatele jääb endiselt vaidlemisruumi, kuid saadud tulemused toetavad enam nende uurijate seisukohta, kes ütlevad, et keskmise hinnangut ei langetata kõiki hinnatavaid objekte arvesse võttes. Kuidas muidu seletada pilgu asukoha ja vastamistäpsuse vahelist seost? Saadud tulemusi toetab ka see, et tähelepanu on piiratud ressurss ja tuleb iga sakaadi puhul ümber paigutada. Seetõttu on vähem kulukas mitte kõiki objekte töödelda, vaid valida välja üksikud sobivad objektid (Ibbotson & Krekelberg, 2011).

Teisalt ei ole seos väga tugev, mis vihjab, et ilmselt on tegu ülesandega, kus silmade asend ei ole peamine ülesande – ringide keskmise suuruse määramise – lahendamiseks. See viitab omakorda sellele, et kuigi silmade asend ehk esimene fiksatsioon pärast stiimulit seletab ära osa ülesande lahendamise edukusest, siis pole tegu kindlasti ainsa teguriga. Ülesannet saab lahendada mitmete või isegi kõigi silmade asendite korral, kuid mida lähemal on pilk kriitilisele elemendile, mille alusel seda ülesannet on üldse võimalik lahendada, seda suurem on tõenäosus, et vaatleja annab õige vastuse. Teisest küljest on märkimisväärne, et fiksatsioonide hajuvus stiimuli esituse ajal on väga väike, kuid on sellegi poolest oluliselt seotud vastuste täpsusega. Seega on võimalik, et silmade asend on siiski väga oluline tegur keskmise suuruse hindamisel ja selle pärast on parim strateegia hoida pilk kõigist hinnatavatest objektidest optimaalsel kaugusel. Seda küsimust oleks võimalik uurida eksperimendiga, kus kriitiliste elementide kaugusi varieeritakse süstemaatiliselt.

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

Saadud andmete põhjal pole lihtne öelda, milline mehhanism seisab kindlaks tehtud seose taga. Üks võimalus on, et vaatleja avastab teistest elementidest erineva ja peale selle ringi avastamist suunab pilgu selle elemendi suunas. Seda hüpoteesi saaks testida võttes arvesse rohkem fiktsioone. Teine võimalus on see, et kriitilise elemendi avastamine ei kutsu esile silmade liikumist selle elemendi suunas või otse selle elemendi fikseerimist. Võib küsida, milleks see üldse vajalik on, kui elemendi võib avastada seda otseselt fikseerimata. On aga võimalus, et kriitilise elemendi avastamise tõenäosus sõltub tema juhuslikust kaugusest fiktsioonist. Näiteks oletame, et silmade asend on mingis alas ekraani keskpunkti ümber juhuslik. Mõnikord on ta kriitilisele elemendile lähemal, mõnikord kaugemal. Seega võib äratundmine veidi muutuda sõltuvalt juhuslikust suurusest, milleks on silmade kaugus kriitilisest elemendist. Katset võiks arvestades eelmainitud mõtteid korrata sarnaselt juba selles töös paika pandud kriteeriumitele.

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

Tänuõnad

Soovin tänada enda juhendajaid Jüri Allikut ja Richard Naari, kes olid hindamatuks toeks keskmise suuruse hindamise uurimisharu avastamisel ja antud uurimistöö ellu viimisel. Tänan veel kõiki katseisikuid, toetavaid pereliikmeid ja abivalmis häid sõpru.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Allik, J., Toom, M., Raidvee, A., Averin, K., & Kreegipuu, K. (2013). An almost general theory of mean size perception. *Vision Research*, *83*, 25–39.
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2013.02.018>
- Allik, J., Toom, M., Raidvee, A., Averin, K., & Kreegipuu, K. (2014). Obligatory averaging in mean size perception. *Vision Research*, *101*, 34–40.
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2014.05.003>
- Ariely, D. (2001). Seeing Sets: Representation by Statistical Properties. *Psychological Science*, *12*(2), 157–162. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00327>
- Barlow, H. B. (1956). Retinal Noise and Absolute Threshold. *Journal of the Optical Society of America*, *46*(8), 634–639.
- Burgess, A. E., Wagner, R. F., Jennings, R. J., & Barlow, H. B. (1981). Efficiency of human visual signal discrimination. *Science*, *214*(4516), 93–94.
<https://doi.org/10.1126/science.7280685>
- Cavanagh, P. (2001). Seeing the forest but not the trees. *nature neuroscience*, *4*(7), 673–674.
- Chabris, C., & Simons, D. (2010). *The Invisible Gorilla: And Other Ways Our Intuitions Deceive Us*. Potter/TenSpeed/Harmony.
- Chong, S. C., & Treisman, A. (2003). Representation of statistical properties. *Vision Research*, *43*(4), 393–404. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(02\)00596-5](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(02)00596-5)
- Chong, S. C., & Treisman, A. (2005a). Attentional spread in the statistical processing of visual displays. *Perception & Psychophysics*, *67*(1), 1–13.
<https://doi.org/10.3758/BF03195009>
- Chong, S. C., & Treisman, A. (2005b). Statistical processing: computing the average size in perceptual groups. *Vision Research*, *45*(7), 891–900.
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2004.10.004>
- Duchowski, A. T., Karn, K. S., & Senders, J. W. (Toim). (2000). *Proceedings: Eye Tracking Research & Applications Symposium 2000: Palm Beach Gardens, FL, November 6-8, 2000*. New York: Association for Computing Machinery.
- [EKSS] „Eesti keele seletav sõnaraamat“. (2017). [Eesti keele seletav sõnaraamat].
 Salvestatud 6. mai 2017, <http://eki.ee/dict/ekss/index.cgi?Q=paisktabel>
- Fouriezos, G., Rubenfeld, S., & Capstick, G. (2008). Visual statistical decisions. *Perception & Psychophysics*, *70*(3), 456–464. <https://doi.org/10.3758/PP.70.3.456>

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

- Ibbotson, M., & Krekelberg, B. (2011). Visual Perception and Saccadic Eye Movements. *Current opinion in neurobiology*, 21(4), 553–558. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2011.05.012>
- Kowler, E. (2011). Eye movements: The past 25 years. *Vision Research*, 51(13), 1457–1483. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.12.014>
- Myczek, K., & Simons, D. J. (2008). Better than average: Alternatives to statistical summary representations for rapid judgments of average size. *Perception & Psychophysics*, 70(5), 772–788. <https://doi.org/10.3758/PP.70.5.772>
- Raidvee, A., Averin, K., Kreegipuu, K., & Allik, J. (2011). Pooling elementary motion signals into perception of global motion direction. *Vision Research*, 51(17), 1949–1957. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.07.004>
- Rose, A. (1948). The Sensitivity Performance of the Human Eye on an Absolute Scale*. *JOSA*, 38(2), 196–208. <https://doi.org/10.1364/JOSA.38.000196>
- Safety guidelines. (2017). Salvestatud 6. mai 2017, <http://help.tobii.com/hc/en-us/articles/212372449-Safety-guidelines>
- Schwab, S. (2016). emov: Eye Movement Analysis Package for Fixation and Saccade Detection (Version R package 0.1.1). Salvestatud <https://cran.r-project.org/web/packages/emov/index.html>
- Segev, R., Schneidman, E., Goodhouse, J., & Berry, M. J. (2007). Role of Eye Movements in the Retinal Code for a Size Discrimination Task. *Journal of Neurophysiology*, 98(3), 1380–1391. <https://doi.org/10.1152/jn.00395.2007>
- Simons, D. J. (2000). Attentional capture and inattention blindness. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(4), 147–155. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01455-8](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01455-8)
- Simons, D. J., & Rensink, R. A. (2005). Change blindness: past, present, and future. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(1), 16–20. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.11.006>
- Watamaniuk, S. N. J., & Duchon, A. (1992). The human visual system averages speed information. *Vision Research*, 32(5), 931–941. [https://doi.org/10.1016/0042-6989\(92\)90036-I](https://doi.org/10.1016/0042-6989(92)90036-I)

KESKMISE SUURUSE HINDAMINE

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.

Liisa Aavik