

VILNIAUS UNIVERSITETAS
GYVYBĖS MOKSLŲ CENTRAS

IEVA BALIASINOVAITĖ

Neurobiofizikos studijų programa
Bakalauro baigiamasis darbas

**TOS PAČIOS IR SKIRTINGŲ KATEGORIJŲ OBJEKTŲ VAIZDŲ
ATPAŽINIMO TYRIMAS REGISTRUOJANT AKIŲ JUDESIOUS**

Darbo vadovas mokslų daktaras Alvydas Šoliūnas

Vilnius, 2023

TURINYS

ĮVADAS	3
1. LITERATŪROS APŽVALGA	4
1.1 Objektų atpažinimas, jo etapai	4
1.2 Dėmesio įtaka objektų atpažinimui	6
1.3 Konteksto įtaka objektų atpažinimui	8
1.4 Objektų apdorojimas nervinėje sistemoje	9
2. TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODAI	11
2.1. Metodika	11
2.2. Tiriamieji	12
2.3 Aparatūra ir programinė įranga	13
2.4. Eksperimento eiga	13
2.5. Duomenų analizė	14
3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	16
3.1 Objektų apžiūrėjimo eiliškumo analizė	16
3.2 Objektų apžiūrėjimo trukmės analizė	19
3.3 Rezultatų aptarimas	26
4. IŠVADOS	28
SANTRAUKA	29
SANTRAUKA ANGLŲ KALBA	30
LITERATŪROS SĄRAŠAS	31
PRIEDAI	34

IVADAS

Objektų atpažinimas yra svarbus, kasdieną atliekamas procesas, kuris padeda orientuotis aplinkoje ir atlikti įvairiausias užduotis: nuo skaitymo, artimųjų veidų atpažinimo iki vairavimo. Nors lyginant su kitais sensoriniais modalumais daugiausia atliktų tyrimų gilinasi į regą (Hutmacher 2019), o objektų atpažinimo procesas yra fundamentalus, iš skirtingų tyrimų gauta prieštaringų rezultatų ir dėl šio proceso mechanizmų vis dar nėra sutariama.

Objektų atpažinimas susideda iš keleto svarbių etapų, jam įtakos turi dėmesio ir konteksto poveikis, įskaitant ir pačių objektų tarpusavio poveikį vaizdo atpažinimui. Nėra aišku, ar kartu pateikiamų kelių objektų atpažinimas yra nuoseklus ar lygiagretus procesas, skirtinguose tyrimuose gaunami rezultatai paremiantys abu modelius (Popovkina ir kt. 2021; White ir kt. 2017).

Siekiant sužinoti daugiau apie objektų tarpusavio poveikį paveikslo atpažinimui, šiame darbe gilinamasi į tos pačios ir skirtingų kategorijų objektų atpažinimo skirtumus. Sukurtuose paveiksluose naudotos objektų nuotraukos, išdėstytos baltame fone, skirtingose paveikslo vietose. Akių judesiams registruoti naudota Eye-Link 1000 programinė įranga.

Keliama hipotezė, kad tos pačios kategorijos objektai bent dalinai analizuojami lygiagrečiai visame regos lauke, ir todėl tikimasi tokių rezultatų:

- Atpažinus objektą žvilgsnis dažniau bus nukreipiamas į kitą tos pačios kategorijos objektą;
- Fiksavimo trukmė į tos pačios kategorijos objektus bus trumpesnė nei į kitos kategorijos objektus.

Darbo tikslas:

Ištirti tos pačios ir skirtingų kategorijų objektų vaizdų atpažinimo skirtumus registruojant akių judesius.

Baigiamojo darbo uždaviniai:

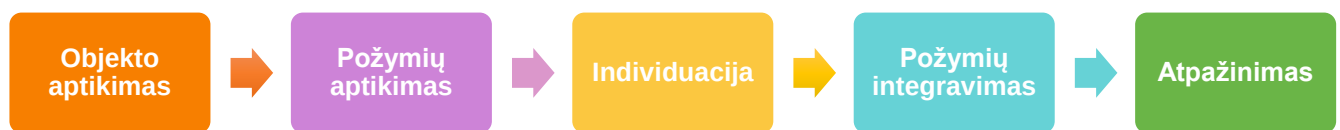
- Nustatyti tos pačios ir skirtingų kategorijų objektų atpažinimo nuoseklumą;
- Nustatyti tos pačios ir skirtingų kategorijų objektų fiksacijų trukmę.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1 Objektų atpažinimas, jo etapai

Bet kuri biologinė ar dirbtinė regos sistema, siekianti atpažinti realaus pasaulio objektus, turi tenkinti du pagrindinius ir iš pirmo žvilgsnio priešingus tikslus: būti selektyvi – teisingai atpažinti objektą nepaisant didžiulio objektų ir dar didesnio geometriškai galimų objektų formų skaičiaus, bet kartu ir lanksti objekto atvaizdo pokyčiams priklausomai nuo objekto arba žiūrovo padėties, šviesos konfigūracijos, pakitusio scenos konteksto (Goris ir Op De Beeck 2010). Pastarasis lankstumas, kurį kitaip galima įvardinti kaip objekto nekintamumą (angl. invariance) yra viena esminių regos problemų (Gauthier ir Tarr 2016).

Objektų atpažinimas susideda iš keleto svarbių etapų, tokių kaip požymių aptikimas (angl. feature detection), individuacija ir požymių integravimas (žiūrėti 1.1 pav), vis dėlto nėra vieningos nuomonės dėl šių etapų būtinumo ir jų sekos objektų atpažinimo procese (Chakravarthi ir Herbert 2019).



1.1. pav. Galima objektų atpažinimo proceso schema, pagal Chakravarthi ir Herbert 2019.

Objekto aptikimas

Objektų padėtis yra svarbus faktorius kuris veikia net keletą objektų atpažinimo etapų, netgi nulemdamas, kaip greitai objektas yra aptinkamas (Kaiser ir kt. 2019). Įprastai objektai būna tipiškose vietose tiek regimosios erdvės (pvz. lėktuvas viršutinėje scenos dalyje), tiek kitų objektų (pvz. lempa virš stalo) atžvilgiu. Objektų atpažinimo ir informacijos apdorojimo procesų prisitaikymas prie šių objektų padėties dėsnų padeda žmonėms naudoti efektyvias kognityvines strategijas, supaprastinti matomas scenas ir taip pagreitinti aplinkos suvokimą, bei atlikti įvairias kasdienes užduotis. Nors tiksliai objektų atpažinimui reikia atlikti fiksaciją į objektą, periferinis matymas taip pat suteikia informacijos ir padeda planuoti sakadą link būsimos fiksacijos vietos (Vater, Wolfe, ir Rosenholtz 2022). Įdomu tai, kad vairuotojai geba sureaguoti į pavojų dar prieš atliekant fiksaciją, taigi pasikliaudami periferiniu regėjimu apie pavojų keliančio objekto padėtį (Huestegge ir Bröcker, 2016 pgl (Vater, Wolfe, ir Rosenholtz 2022). Vizualiniai paieškai gali būti svarbi ir atmintis: tiek sąmoningas prisiminimas, dėl

kurio pirmas akių judesys į prisimintą vietą gali būti labai tikslus, tiek nesąmoninga atmintis, kuri didina paieškos veiksmingumą, palaipsniui nukreipdama akis į taikinį (Ramey, Yonelinas, ir Henderson 2019).

Požymių aptikimas

Manoma, kad stimulo apdorojime svarbus skirtingų požymių išskyrimas, regimųjų objektų užduotyse tai būtų tokių savybių kaip objekto spalva, dydis, forma išskyrimas nuo fono (Kristjánsson ir Egeth 2020; Buetti, Xu, ir Lleras 2019). Net ir lūkesčiai apie ieškomus objektus atliekamoje objektų atpažinimo užduotyje gali turėti įtakos pasirenkamai atpažinimo strategijai ir kokie požymiai naudojami objektams atpažinti (Caplette, Gosselin, ir West 2021).

Individuacija

Individuacijos etape ribotas skaičius (apie keturis) regimųjų objektų pasirenkami tolimesniam apdorojimui pagal jų vietą erdvėje (Y. Xu ir Chun 2009). Šio apdorojimo etapo metu yra analizuojama tik minimali vaizdinės informacijos dalis, kurios nepakanka tiksliai atpažinti objektą, bet užtektų atskirti figūrą nuo fono. Šis etapas galėtų prisidėti prie regimosios informacijos apdorojimo ribotumo regimosios darbinės atminties, keleto objektų sekimo vienu, objektų išskaičiavimo (ang. enumeration) atžvilgiu. (Chakravarthi ir Herbert 2019) įvardija individuaciją kaip vieną esminių objektų atpažinimo etapų, kuris gali būti paveikiamas selektyvaus dėmesio ribotumo lemtų staigaus tiesioginio kelių objektų suvokimo (angl. subitizing) ir atpažinimo proceso trikdymo apsupant taikinį šalutiniais objektais ar figūromis (ang. crowding) reiškinių (Chakravarthi ir Herbert 2019).

Požymių integravimas

Požymių integravimas – svarbi objektų atpažinimo dalis, kurios metu apjungiamą informacija apie skirtingus objektų požymius. Nauji tyrimai kelia rimtų iššūkių teorijai ir siūlo ją redaguoti, atsižvelgiant į tai, kad būtų galima taikyti ne vieną, o kelias požymių integracijos formas, kai kurios požymių integracijos formos veiktų prieš dėmesio sutelkimą, sukauptos žinios apie pavienius objektus ir objektų sąveiką moduluotų suvokimo integraciją (Humphreys 2016).

Objekto atpažinimas ir kategorizacija

Dalis objekto atpažinimo yra jo kategorizacija. Tradiciniai atpažinimo ir kategorizavimo modeliai remiasi žemo dažnio požymių registravimu, suvokimu ir susiejimu su atmintyje saugomomis objektų reprezentacijomis, tačiau duomenys rodo, kad šis nuoseklus modelis gali būti netikslus, nes objektų ir kategorijų žinojimas turi įtakos ankstyvam regimosios informacijos apdorojimui, o nėra vėlyvesnis

etapas (Caddigan ir kt. 2017). (Cohen ir kt. 2014) tyrimų rezultatai, gauti naudojant funkcinį magnetinio rezonanso vaizdinimą sieja gebėjimo apdoroti kelis elementus vienu metu ribotumą su tuo, kaip šie elementai yra atstovaujami atskirose neuronų populiacijose.

1.2 Dėmesio įtaka objektų atpažinimui

Savybių integracijos teorija

Prieš daugiau kaip 40 metų išleistame Treisman ir Gelade straipsnyje apie savybių integravimo teoriją (angl. feature integration theory – FIT) objektų identifikavimo procese išskiriamos dvi fazės: ankstyvoji – ikidėmesinė ir vėlesnė, reikalaujanti dėmesio. Objektai ikidėmesinės fazės metu suvokiami naudojant informacijos apdorojimą „iš viršaus į apačią“ (ang. top-down), o vėliau – selektyviai sutelkiant dėmesį (Treisman ir Gelade 1980). Pastarajam būdui būdingas nuoseklus selektyvaus dėmesio nukreipimas į skirtingas vietas, siekiant integruoti toje pačioje erdvėje ir laike užfiksuotas savybes į vientisą vaizdinį. Apdorojant informaciją lygiagrečiai („iš viršaus į apačią“) objektai būtų identifikuojami pagal matomas jiems būdingas atskiras, neatsižvelgiant į pačių objektų padėtį. Toks objektų atpažinimo remiasi jų nuspėjimu, tad šis būdas būtų optimalus ir užtikrintų greitą objektų atpažinimą tik jau pažįstamose aplinkose. Nors kai kurie mokslininkai atmetė kai kurias šios teorijos dalis, kiti modifikavo ir papildė ją taip, kad atitiktų naujesnius duomenis, savybių integravimo teorija jau kelis dešimtmečius lemia diskusijas apie vizualinę objektų paiešką ir dėmesio įtaką objektų atpažinimui (Wolfe 2020).

Savybių integravimo teorijos alternatyvos

Kelios siūlomos savybių integravimo alternatyvos yra objekto paieška pasitelkiant dėmesį ir nauja siūloma paieškos dichotomija, papildanti FIT.

Tai, kad negalime apdoroti viso regimo vaizdo iš karto, lemia kad pasitelkiama „taikinio“ – dominančio objekto paieška pasitelkiant dėmesį (angl. Guided search) (Wolfe, Cave, ir Franzel 1989), ši teorija siūloma kaip savybių integravimo teorijos alternatyva. Wolfe plėtojo šią teoriją atsižvelgiant į naujų tyrimų duomenis ir atnaujintoje šeštoje jos versijoje (Wolfe ir Horowitz 2017) tokiai paieškai reikšmingais išskyrė 5 faktorius:

1. „Iš apačios į viršų“ (ang. bottom-up), stimulų skatinama paieška, kai vieno scenos aspektų vizualinės savybės patraukia daugiau dėmesio nei kitų.

2. „Iš viršaus į apačią“, žmogaus valdomas orientavimas, kai dėmesys nukreipiamas į objektus su žinomomis pageidaujamų tikslų savybėmis.

3. Paieška pasitelkiant dėmesį pagal sceną, kai scenos savybės nukreipia dėmesį į sritis, kuriose gali būti taikinių.

4. Paieška pasitelkiant dėmesį, pagrįstas kai kurių objektų ar savybių suvokiama verte.

5. Orientavimasis remiantis ankstesnės paieškos istorija.

Atsižvelgiant ir apjungiant ankstesnius tyrimus (Liesefeld ir Müller 2020) pristato dar vieną naują galimą objektų atpažinimo sistemą, kuri vizualinės paieškos užduotyse naudojama dvi pagrindinės strategijas: viena iš jų gali būti naudojama, kai tikslas lengvai išskiriamas – prioritetinis orientavimas, o kita – kai visus objektus reikia apžiūrėti sistemingai (grupinis skenavimas). Šioje sistemoje prioritetinis orientavimas būtų nuoseklus procesas kai dėmesys nukreipiamas į vieną objektą naudojant prioritetų žemėlapi, o grupių – sancaupų skenavimas vykdomas lygiagrečiai. Vienos iš šių strategijų pasirinkimas gali būti individualių pageidavimų ir pripratimo reikalas. Kitaip nei FIT, šioje teorijoje keliamą prielaidą, kad vykdanč abiejų rūšių paiešką, naudojama tiek nuosekli tiek lygiagreti paieška ir tuo būtų galima paaiškinti prieštaruings rezultatus. Prioritetinis orientavimas atsižvelgia į paiešką pasitelkiant dėmesį ir būtų platesnės tokios paieškos forma.

Dėmesio svarba

Pagalbinis dėmesio nukreipimas (angl. attentional guidance) yra labai lankstus ir maksimaliai padidina paieškos efektyvumą, remiantis "pakankamai gerai" principu, kad būtų galima greitai lokalizuoti galimus taikinius. Naudotis principu "pakankamai gerai" yra veiksmingiau nei laukti, kol bus sukaupta tikslesnė informacija, prieš nukreipiant dėmesį ir akių judesius; tačiau tai, kas yra pakankamai gerai, priklauso nuo konteksto ir nuo to, kiek pastangų žmogus gali ar nori įdėti (Yu ir kt. 2023).

Atpažįstant objektus dėmesys į skiriamuosius požymius nukreipiamas interaktyviai ir, kai reikia, kartotinai, priklausomai nuo lūkesčių „iš viršaus į apačią“ ir nuo apribojimų „iš apačios į viršų“, atsirandančių dėl stimulų informacijos prieinamumo ir kokybės (Baruch, Kimchi, ir Goldsmith 2018). Tačiau tai nereiškia, kad atpažįstant objektus visais atvejais reikia dėmesio „iš viršaus į apačią“ arba kad visas dėmesys „iš viršaus į apačią“ prisideda prie objektų atpažinimo.

1.3 Konteksto įtaka objektų atpažinimui

Realiaame pasaulyje objektai niekada nebūna izoliuoti; jie sąveikauja su kitais objektais ir tam tikra aplinka, todėl regos sistema gali pasinaudoti gausiu kontekstinių asociacijų šaltiniu (Oliva ir Torralba 2007), tad objektų atpažinimui svarbi tiek aplinkos – scenos, tiek objektų tarpusavio įtaka.

Scenų įtaka objektų atpažinimui

Scenos konteksto kategorizavimas nepaprastai greitas – atliktuose tyrimuose reakcijos laikas buvo panašus į objektų kategorizavimo laiką ir tikslus (Fabre-Thorpe ir kt. 2001). Scenos konteksto apdorojimas vyksta lygiagrečiai su objektų apdorojimu, o tai rodo ankstyvą scenos ir objektų reprezentacijų sąveiką (Joubert ir kt. 2007). Scenos konteksto nauda pasireiškia ne tik dėl veiksmingesnio orientavimosi scenoje, bet greičiausiai ir dėl geresnio objektų atpažinimo, dėl kurio greičiau pašalinami blaškantys veiksniai ir greičiau nustatomas taikiny (Lauer ir Vö 2022). Regimoji scenos analizė prasideda nuo lygiagretaus skirtingų pagrindinių požymių išskyrimo skirtingais erdviniais dažniais, o scenų atpažinimui svarbiausi žemi erdviniai dažniai, kurie daugiausia koduojami tinklainės periferijoje, o juose užkoduota bendra informacija (pvz. bendra scenos forma ir erdvinis išdėstymas (Trouilloud ir kt. 2020). Iš periferinio regėjimo gaunamos informacijos semantinės ir fizinės savybės automatiškai naudojamos kuriant prognozes, kuriomis vadovaujamosi apdorojant signalą centriniame regėjime (Peyrin ir kt. 2021). Nepaisant prastos kokybės, būdingos periferiniam regėjimui, periferinės informacijos įtaka objektų kategorizavimui centriniame regėjime, yra tokia pat svarbi kaip ir centrinio regėjimo įtaka (Trouilloud ir kt. 2022).

Objektų tarpusavio įtaka atpažinimui

(Bramão ir kt. 2011) meta analizė rodo, kad informacija apie spalvą padeda atpažinti objektus, ypač objektus, kurie yra stipriai susiję su tam tikra spalva, o spalvos pranašumo poveikis nepriklauso nuo kitų paviršiaus detalių, įskaitant šešėlius ir tekstūrą. Taikinio spalvos nuspėjamumas turi įtakos pirmosios sakados per paieškos bandymą vėlavimui bei tikslumui, tad objektų atpažinimui įtakos turi ne tik automatinis ankstesnių taikinio ar trukdžio (ang. distractor) požymių poveikis, bet ir iš „viršaus į apačią“ nuleidžiami lūkesčiai (Shurygina ir kt. 2019).

Objektų kategorizavimui įtakos turi ir tokios objektų savybės kaip ar objektas yra gyvas (ar tai gyvūnas, transporto priemonė ar maistas), abstrakcijos lygis (žmonės, ar žmonės užsiimantys sportu) ir realus dydis (B. Xu, Kankanhalli, ir Zhao 2019; Park 2019). Šios objektų savybės paveikia ir labai greitos kategorizacijos užduoties atlikimą, kurios metu tiriamiesiems po fiksacijos kryželio buvo pateikimas

stimulas buvo rodomas vos 20 ms, po jo sekė skirtingo ilgio pauzė ir fiksuoto laiko triukšmo kaukė po kurios tiriamasis turėjo nuspausti atitinkamą mygtuką, indikuojanti tikslinės kategorijos buvimą arba nebuvimą paveikslė, tiriamasis sulaukdavo grįžtamojo ryšio ar atsakymas buvo teisingas. Kaip stimuli naudotos 5 kategorijų nuotraukos, reprezentuojančios žmones, transporto priemonės, maistą, sportą ir gyvūnus (cit. Robbins, A. ir Hout, M.C. pagal B. Xu, Kankanhalli, ir Zhao 2019).

Kasdieną sutinkamus objektus galima apibūdinti pagal daugybę tikslų požymių (pvz., spalvą, formą, orientaciją, tekstūrą, dydį, judesį). Tačiau tyrimų rezultatai rodo, kad užuot naudojus labai tikslią informaciją, šių objektų paieška dažnai remiamasi aukštesnio lygio kategorijų reprezentacijomis. Pavyzdžiui, ieškant objektų, kuriuos nurodo žodis, jie surandami greičiau, kai juose yra tipiškų jų kategorijai būdingų vaizdinių požymių (ieškant „paukščio“, kanarėlė bus surasta greičiau nei strutis) (Yu ir kt. 2023). Šie ir kiti tyrimai papildė žinias apie objektų tarpusavio įtaką vaizdo suvokimui, tačiau vis dar lieką daug neatsakytų klausimų.

1.4 Objektų apdorojimas nervinėje sistemoje

(Perry ir Fallah 2014) įvardija, kad klasikiniu požiūriu regos apdorojimas nuo tinklainės apibūdinamas pagal du bendruosius principus. Pirma, įvairių tipų regimosios informacijos apdorojimas anatomiškai suskirstytas į du regos kelius, kiekvienas jų yra hierarchiškai apdorojamas, o kiekvienas etapas remiasi ankstesniu etapu ir tampa vis sudėtingesnis. Ventraliniame kelyje tai galiausiai lemia gebėjimą atpažinti objektus nepaisant aplinkos pokyčių arba tam tikrų objekto savybių (t. y. padėties, orientacijos, žiūrėjimo kampo, dydžio ir t. t.) pokyčių. Dorsaliniame kelyje šis hierarchinis apdorojimas leidžia įvertinti sudėtingą objektų judėjimą mus supančioje aplinkoje, kai esame nejudantys arba judame toje aplinkoje, bei globalią objektų formą (Ayzenberg ir Behrmann 2022). Neprieštaraujant dabartinam supratimui apie regos informacijos apdorojimo hierarchiją magnetoencefalogramos ir elektroencefalogramos tyrimų rezultatai, objektų dekodavimo pradžioje dominuoja žemo lygio regimosios savybės, o vėliau atsiranda abstraktesnės reprezentacijos, susijusios su objekto kategorija (Contini, Wardle, ir Carlson 2017).

1.5 Akių judesiai objektų atpažinimo tyrimuose

Regos sistema prisitaikiusi padėti atlikti skirtingas užduotis, todėl gali būti išskiriami tokie akių judesių tipai ir jų funkcijos (Purves ir kt. 2001):

- sakados – pakeičiamas fiksacijos taškas ir taip užtikrinamas didelis centrinio regėjimo aštrumas (Foulsham 2015),

- sklandūs judesiai – lėtesni už sakadinius, naudojami judančio objekto sekimui,
- vergencijos judesiai – suderina kiekvienos akies geltonosios dėmės duobutę (angl. fovea) su taikiniais, kurie nutolę skirtingais atstumais nuo stebėtojo;
- vestibuliniai akių judesiai – stabilizuoja akis išorinio pasaulio atžvilgiu, taip kompensuodami galvos judesius.

Regimasis suvokimas grindžiamas informacijos apdorojimu akių fiksavimo laikotarpiais, kuriuos nutraukia akių sakados (Poth, Herwig, ir Schneider 2015). Sakadiniai akių judesiai atspindi momentinę geltonosios dėmės duobutę padėtį, taigi ir į regos sistemą patenkančią vaizdą (Foulsham 2015). Todėl fiksacijų vieta ir trukmė tapo svarbiais dėmesio rodikliais regos tyrimuose eksperimentinėje psichologijoje ir kognityviniuose neuromoksluose (Liversedge, ir Findlay 2020). Pavyzdžiui, (Rothkegel ir kt. 2017) tyrime tirtas centrinės fiksacijos šališkumo poveikis (ang. central fixation bias), pasireiškiantis tuo, kad pasikeitus vaizdai ekrane, tiriamieji linkę nukreipti žvilgsnį į ekrano centrą. Rezultatai rodo, kad ankstyvosios centrinės fiksacijos šališkumas yra numatytųjų sakadų, kaip atsako į staigų vaizdo atsiradimą, rezultatas. Tad norint tiksliau tirti tikslo pasirinkimą be centrinės fiksacijos šališkumo, reikėtų naudoti modifikuotą scenos žiūrėjimo paradigmos versiją.

Akių judesiai taip pat gali padėti tiksliau nustatyti objektų atpažinimo reakcijos laiką ir eiliškumą, nei tyrimai, kurie šiam klausimui vertintų tik reakcijos laiką, dėl atsirandančio sureagavimo į stimulą užvėlinimo (pvz. judesio atlikimo) (Schütz, Braun, ir Gegenfurtner 2011; Kirchner ir Thorpe 2006).

Tiriant kas paveikia fiksacijos trukmę, (Einhäuser, Atzert, ir Nuthmann 2020) 20 tiriamųjų apžiūrėjo 600 stimulų – skirtingai apdorotų 60 scenų nuotraukas, keičiant spalvų prisotinimą (nuo originalių spalvų iki nespaltvotų vaizdų) ir kontrastą. Ilgesnės fiksacijos trukmės buvo būdingos į objektus mažo kontrasto ir nespaltvotuose stimuluose. Daroma išvada, kad fiksacijos trukmė visuotinai sulėtėjo, nes regimoji informacija vis labiau prastėjo, todėl scenos apdorojimas darėsi vis sudėtingesnis. (Wang, Hwang, ir Pomplun 2010) tyrime dalyvavo 12 tiriamųjų, kurių akių judesiai registruoti apžiūrint po 200 paveikslų – įvairių scenų nuotraukų. Stimulas buvo rodomas 5 sekundes, po jo pasirodydavo žodis ir tiriamieji turėjo įvardinti ar toks objektas buvo paveiksle. Analizuota ar objektai scenose buvo maži ar dideli, bei ar pasitaikydavo dažnai ar retai. Gauti rezultatai, kad kuo mažas objektas buvo dažnesnis ir lengviau nuspėjamas, tuo trumpiau į jį buvo fiksuojama.

2. TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODAI

2.1. Metodika

2.1.1 Stimulai

Eksperimentui pasirinkti 12 skirtingų kategorijų objektai, būdingi 4 scenoms: 2 vidaus patalpų ir 2 lauko (žiūrėti 2.1 lentelė). Objektų nuotraukos parinktos atsižvelgiant į objekto formą, ieškant vienos kategorijos objektų nuotraukų, kurių globali forma būtų panaši į trikampį, kvadratą ir skritulį. Atrinktos tokios nuotraukos, kurios reprezentuotų tos pačios kategorijos objektų skirtingumą (pvz. objekto nuotraukos iš skirtingo požiūrio taško). Kiekvienai objektų kategorijai atrinkta nuo 6 iki 13 skirtingų nuotraukų.

2.1 Lentelė. Pasirinktų objektų kategorijos.

Scena	Objektų kategorijos		
Virtuvė	Keptuvė	Puodelis	Virdulys
Biuras	Stalas	Kėdė	Knyga
Ūkis	Traktorius	Laistytuvas	Višta
Gatvė	Kelio ženklas	Automobilis	Šviesoforas

Nuotraukos rastos atliekant paieškas lietuvių ir anglų kalbomis „google“ ir „bing“ paieškos sistemose. Eksperimento metu buvo pateiktos nespaldytos objektų nuotraukos.

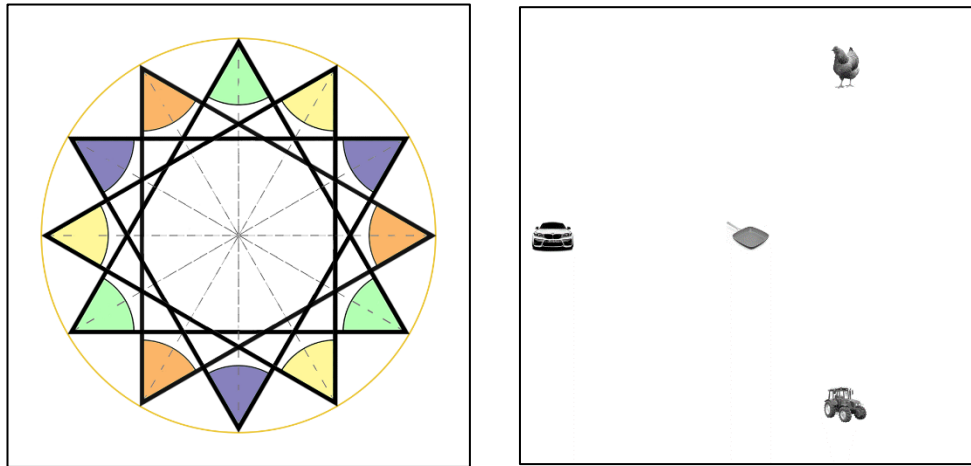
2.1.2 Paveikslų sukūrimas

Eksperimentui buvo sukurta 11 sąlygų: 6 paveikslams su 4 objektais ir 5 paveikslams su 3 objektais (žiūrėti lentelė 2.2). Iš viso sudaryta 220 paveikslų – kiekvienai sąlygai po 20 paveikslų.

2.2 lentelė. Eksperimento sąlygos paveikslams su 4 ir 3 objektais.

Paveikslai su 4 objektais			Paveikslai su 3 objektais		
Sąlyga	Skirtingų kategorijų skaičius	Scenų skaičius	Sąlyga	Skirtingų kategorijų skaičius	Scenų skaičius
K1	1	1	T1	1	1
K2	2	1	T2	2	1
K3	2	2	T3	2	2
K4	4	2	T4	3	3
K5	3	3	T5	3	1
K6	4	4			

Objektų nuotraukos paveiksluose buvo išdėstytos atitinkamai: paveiksluose su 4 objektais vieno objekto nuotrauka paveikslo centre, paveikslo su 3 objektais atveju, centre būdavo fiksacijos kryželis; kitų 3 objektų nuotraukos išdėstytos vienodu atstumu nuo paveikslo centro ir vienodu atstumu viena nuo kitos, tarsi menamo lygiakraščio trikampio viršūnėse. Objektų vaizdų išdėstymo paveiksle schema pateikiama paveiksle 2.1. Paveikslams naudotos 4 skirtingos objektų atvaizdų konfigūracijos.



2.1 pav. Objektų vaizdų išdėstymo paveiksle schema ir paveikslo pavyzdys. Kiekviena spalva vaizduoja skirtingą objektų atvaizdų konfigūraciją paveiksle. Trikampių viršūnės vaizduoja galimas objektų vaizdų centrų padėtis. Kaip pavyzdys pateikiamas paveikslas sukurtas pagal schemeje geltona spalva pažymėtą konfigūraciją.

Paveiksluose naudoti 90 px × 90 px (2,1 kampinių laipsnių) objektų vaizdai, o kai kurie vaizdai, kuriuose objektai netolygiai užpildo erdvę, pavyzdžiui yra pailgi, buvo padidinti iki 110 px × 110 px (2,7 kampinių laipsnių) dydžio. Paveikslų dydis 768px × 768px (17,6 kampiniai laipsniai).

2.2. Tiriamieji

Tyrimo savanoriškai dalyvavo 24 tiriamieji, kurių amžius buvo nuo iki 19 iki 27 metų (vidutiniškai $22 \pm 1,79$ metai), normalaus arba koreguoto regėjimo. Tiriamiesiems taikyti kriterijai:

1. Neturėti regos sistemos ar kitų sutrikimų, dėl kurių negalėtų atpažinti objektų;
2. Tyrimo metu nebūti prastos savijautos ar apsvaigus nuo alkoholio, narkotinių medžiagų ir gebėti atlikti dėmesio reikalaujančias užduotis;
3. Gebėti skaityti lietuvių kalba.

Dėl toliau pateiktų priežasčių į duomenų analizę neįtraukti 4 tiriamųjų duomenys: po pirmojo tiriamojo duomenų užregistravimo pakeistos paveikslų rodymo trukmės; ruošiantis vieno tiriamo akių judesių registravimui nepavyko tinkamai atlikti akių judesių registravimo sistemos kalibracijos dėl tiriamojo nešiojamų akinių; du tiriamieji dalį laiko netinkamai vykdė tyrimo instrukciją, todėl nepavyko tinkamai užregistruoti didelės dalies jų akių judesių duomenų.

Tyrimo dalyvavo 14 moterų ir 10 vyrų, analizei naudoti 12 moterų ir 8 vyrų akių judesių duomenys.

2.3 Aparatūra ir programinė įranga

Eksperimentas parengtas naudojant „SR Research Experiment Builder“ (©2004-2020 SR Research Ltd., versija 2.3.38) programą, akių judesių duomenys registruojant naudojant EyeLink 1000 (©2004-2020 SR Research Ltd.) sistemą. Vaizdai buvo pateikiami standartiniame LCD monitoriuje, 1024 × 768 taškų skiriamąja geba.

Eksperimento metu tiriamojo smakras buvo padėtas ant specialaus stovelio bei į atramą atremta kakta. Kompiuterio ekranas, kuriame buvo pateikiami paveikslai buvo pastatytas 60 cm atstumu nuo tiriamojo akių. Infraraudonųjų spindulių kamera, fiksuojanti akių judesius, buvo pastatyta prieš kompiuterio monitorių, naudota kameros darbalaukio (pakreipta) (angl. *Dekstop(angled)*) konfigūracija. Tiriamiesiems atliekant užduotį registruoti jų abiejų akių judesiai, išskyrus vieną tiriamąjį, kurio registruoti vienos akies judesiai dėl nepavykusios abiejų akių judesių kalibracijos. Priešais tiriamąjį buvo padėtas „CEDRUS“ atsakų registruoklis su įvairių spalvų mygtukais. Eksperimento metu tiriamieji naudojo raudonos ir žalios spalvos mygtukus.

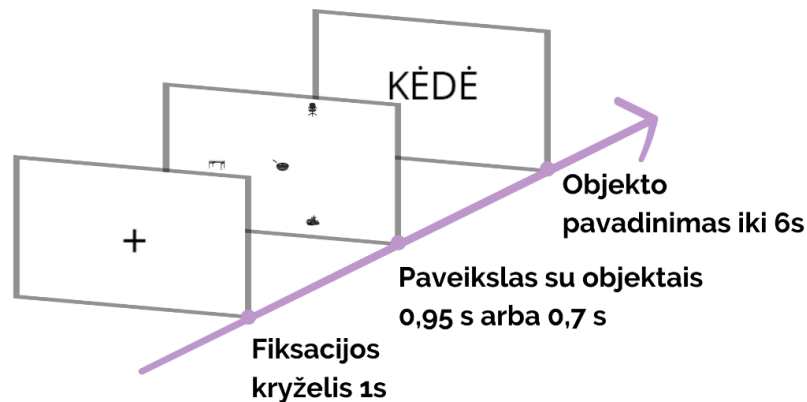
Duomenų paruošimui ir analizei naudotos „EyeLink Data Viewer“ (©2004-2020 SR Research Ltd.), „Microsoft Excel“ programos ir „Python 3“ ir „R“ programavimo kalbos.

2.4. Eksperimento eiga

Eksperimento pradžioje tiriamasis instruktuojamas žodžiu bei jam pateikiama trumpa instrukcija raštu, kurioje įvardintos eksperimente naudotų objektų vaizdų kategorijos. Buvo atlikta akių judesių registravimo sistemos kalibracija ir validacija, naudojant 9 taškų šablono. Eksperimentą sudarė 2 dalys, besiskiriančios objektų vaizdų paveiksle skaičiumi (paveikslai su 3 arba 4 objektų nuotraukomis baltame fone), tarp kurių buvo 2 minučių trukmės pertrauka. Prieš pirmąjį eksperimento dalį buvo pateikiami 20, o prieš antrąją dalį – 10 apsimokymui skirtų paveikslų.

Atliekama kartu pateikiamų objektų vaizdų atpažinimo užduotis (žiūrėti pav. 2.2):

- Tiriamajam 1 sekundę pateikiamas fiksacijos kryželis;
- Tiriamasis apžiūri objektų vaizdus pateiktame paveiksle, kuris rodomas 950 ms jei tai paveikslas su 4 objektų atvaizdais arba 700 ms jei tai paveikslas su 3 objektų vaizdais. Šie laikai pasirinkti siekiant sudaryti pakankamai sudėtingas užduoties sąlygas, kad tiriamieji naudotu optimalią objektų atpažinimo eiliškumo tvarką; šios trukmės pasirinktos remiantis preliminariais rezultatais, siekiant kad tiek paveiksluose su 4 tiek su 3 objektais atsakymų tikslumas būtų artimas 90%.
- Tiriamajam pateikiamas žodis – objekto kategorijos pavadinimas, tiriamasis nuspaudžia žalią mygtuką, jei įvardintos kategorijos objektas buvo paveiksle, raudoną – jeigu įvardinto objekto paveiksle nebuvo.



2.2 pav. Objektų vaizdų atpažinimo užduoties schema.

2.5. Duomenų analizė

2.5.1 Duomenų paruošimas

Analizuoti akių judesių duomenys nuo paveikslo su objektais pasirodymo pradžios iki objekto kategorijos pavadinimo pasirodymo. Paveiksle išskirtos ir duomenų analizei naudotos sritys: centrinė ir kitos 12 sričių, išdėstytų ratu, aplink centrą (žiūrėti priedas 1). Viena paveiksle iš eilės užfiksuotų fiksacijų į tą pačią sritį – tą patį objektą, trukmės sudėtos ir toliau tokios fiksacijos traktuotos kaip viena fiksacija. Informacija apie nevienareikšmiškai interpretuojamas fiksacijas buvo peržiūrėta ir įvertinta. Iš tolimesnės analizės atvestos fiksacijos, kurios nepateko į sritis kuriose buvo objektų paveikslai, bei po

jų einančios fiksacijos, vėliau užregistruotos tame pačiame paveiksle. Fiksacijoms priskirti reikšminių objektų pavadinimai. Išskirti fiksacijų tipai praeito objekto atžvilgiu: „tas pats“ arba „kitas“ objektas, o jei objekto kategorija buvo atpažinta anksčiau, bet nėra tokia pati kaip praeito objekto, toks objektas įvardintas kaip „atpažintas“.

Į fiksacijų trukmių analizę neįtrauktos fiksacijos kai buvo apžiūrimas tame paveiksle jau apžiūrėtas konkretus objektas, bei po jų sekančios fiksacijos į to paveikslo objektus. Kadangi analizuojami akių judesiai tik paveikslo rodymo metu, į fiksacijų trukmių analizę neįtrauktos paskutinės fiksacijos į objektus, jei po jų, žodžio pasirodymo metu nebuvo atliekama sakada. Tokios fiksacijos gali būti ilgesnės nei likęs stimulo rodymo laikas, todėl fiksacijos trukmė iki žodžio pasirodymo neatspindės laiko reikalingo objekto analizei; kadangi kiti objektai jau apžiūrėti, tiriamasis gali į paskutinį objektą žiūrėti ilgiau nei reikalinga jo analizei. Abejais šiais atvejais analizuojamuose duomenyse būtų nekorektiškai atspindimos objektų analizei reikalingos fiksavimo trukmės. Paveiksluose su 4 objektais tokių fiksacijų buvo 1319 ir tai sudarė 16,76% fiksacijų į objektus, o paveiksluose su 3 objektais 1137, atitinkamai 20,29%. Iš fiksacijų trukmių analizės pašalintos išskirtys, kurios buvo mažesnės nei: Q_1 (pirmas kvartilis) - $1,5 \times IQR$ (tarpkvartilinis ilgis) ar didesnės nei Q_3 (trečias kvartilis) + $1,5 \times IQR$.

2.5.2 Statistinės analizės metodai

Statistinė analizė atlikta naudojantis RStudio programa, versija 4.3.0.:

- Normalumo prielaidų tikrinimui naudotas Shapiro-Wilk kriterijus (paketas „rstatix“, versija 0.7.2) ir kvantilių palyginimo (QQ) diagrama.
- Homogeniškumo prielaidai tikrinti naudotas Brown-Forsythe kriterijus (centras = mediana, paketas „DescTools“, versija 0.99.48).
- Skirtumams tarp grupių įvertinti naudotas Kruskal-Wallis suderinamumo kriterijus (paketas „stats“, versija 4.3.0) ir Dunn testas post-hoc analizei (Bonferroni p reikšmių korekcija, paketas „DescTools“, versija 0.99.48).

Skirtumams tarp apskaičiuotų teorinių tikimybių ir santykinų dažnių įvertinti naudotas Chi kvadratu suderinamumo kriterijus apskaičiuotas naudojantis MedCalc Software Ltd. Comparison of proportions calculator, https://www.medcalc.org/calc/comparison_of_proportions.php (versija 22.003; naudota 2023 gegužę).

Statistinei analizei taikytas reikšmingumo lygmuo $\alpha = 0,05$.

3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Vidutinis tiriamųjų tikslumas buvo 88,52% apžiūrint paveikslus su 4 objektais (mažiausias 77,50%, didžiausias 95,83%) ir 89,82% apžiūrint paveikslus su 3 objektais (mažiausias 78,57%, didžiausias 96,47%). Toks tikslumas buvo pakankamai aukštas, todėl nei vieno tiriamojo rezultatai nebuvo atmesti iš analizės dėl per mažo tikslumo, o fiksavimo trukmės pakankamai tiksliai reprezentuoja objektų atpažinimui reikalingą laiką.

3.1 Objektų apžiūrėjimo eiliškumo analizė

Siekiant nustatyti tos pačios ir skirtingų kategorijų objektų atpažinimo nuoseklumą atlikta objektų apžiūrėjimo eiliškumo analizė. Iš surinktų duomenų buvo nustatyta kokia tvarka kiekvienas tiriamasis apžiūrėjo kiekviename paveiksle pateiktų objektų vaizdus. Analizės metu siekta nustatyti ar atpažinę objektą tiriamieji dažniau fiksuodavo į kitą tos pačios kategorijos objektą, nei kitos kategorijos objektą. Pasirinkta analizuoti, koks buvo antras apžiūrėtas objekto tipas: „tas pats“ ar „kitas“ (pirmo apžiūrėto objekto atžvilgiu).

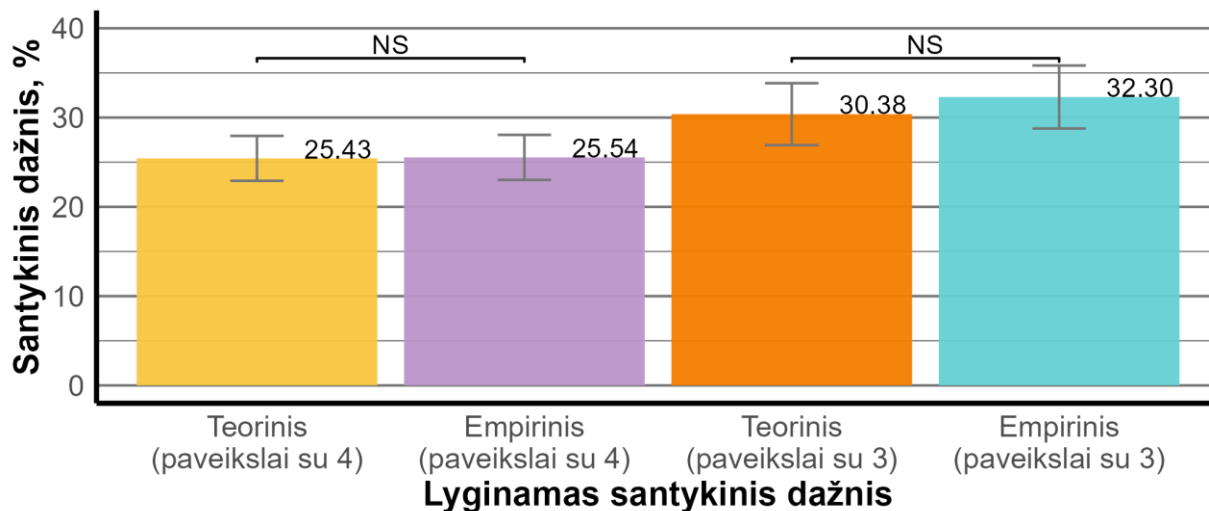
- H_0 : Po pirmo objekto apžiūrėjimo objekto, kurio tipas „tas pats“, tikėtinas ir empirinis santykinis dažnis reikšmingai nesiskirs.
- H_1 : Po pirmo objekto dažniau nei teoriškai tikėtina bus apžiūrėjimas objektas, kurio tipas yra „tas pats“.

Analizuoti tik tokie paveikslai, kuriuose buvo 2, o paveikslų su 4 objektais atveju – 2 arba 3 vienos kategorijos objektai. Paveiksluose su 4 objektais, vieno objekto vaizdas būdavo centre ir tiriamieji buvo instruktuoti pirmiausia atpažinti būtent jį, o kitų objektų vaizdai nutolę nuo centro vienodu atstumu. Paveiksluose su trimis objektais, likę 2 objektai nuo pirmojo atpažinto buvo nutolę vienodu atstumu. Toks objektų išdėstymas paveiksluose pasirinktas siekiant nepaveikti tiriamųjų objektų apžiūrėjimo tvarkos – nesudaryti prielaidos žvilgsnį nukreipti į arčiau esantį objektą.

Apskaičiuotos teorinės tikimybės – teoriniai santykiniai dažniai, kad antro apžiūrėto objekto tipas bus „tas pats“ arba „kitas“, atsižvelgiant į tai kiek ir kokių paveikslų apžiūrėjo tiriamieji. Apskaičiuoti empiriniai santykiniai dažniai, kai antro apžiūrėto objekto tipas buvo „tas pats“ ir kai „kitas“, rezultatai pateikiami 3.1 paveiksle ir 2 priede.

Skirtumams tarp apskaičiuotų teorinių ir empirinių santykinų dažnių įvertinti naudotas Chi kvadratu (χ^2) suderinamumo kriterijus. Pasirinktas reikšmingumo lygmuo $\alpha = 0,05$. Analizuotuose

paveiksluose su 4 objektais gautas 0,11% skirtumas teorinės tikimybės ir santykinio dažnio, kuris nebuvo statistiškai reikšmingas $\chi^2(1, n=1151) = 0,004$, $p = 0,952$, šio skirtumo 95% pasikliautinis intervalas $PI_{95\%}[-3,4483\%; 3,6680\%]$. Analizuotuose paveiksluose su 3 objektais gautas 1,92% skirtumas, kuris taip pat nebuvo statistiškai reikšmingas $\chi^2(1, n = 675) = 0,578$, $p = 0,447$, šio skirtumo 95% pasikliautinis intervalas $PI_{95\%}[-3,0248\%; 6,8519\%]$.



3.1 pav. Teorinių ir empirinių santykinų dažnių palyginimas paveiksluose su 4 ir su 3 objektais. Santykiniai dažniai reprezentuoja kaip dažnai antras apžiūrėtas objektas buvo tos pačios kategorijos kaip ir pirmas apžiūrėtas objektas. Analizuoti tik tokie paveikslai, kuriuose buvo 2, o paveikslų su 4 objektais atveju – 2 arba 3 vienos kategorijos objektai. Pažymėti 95% pasikliautinieji intervalai.

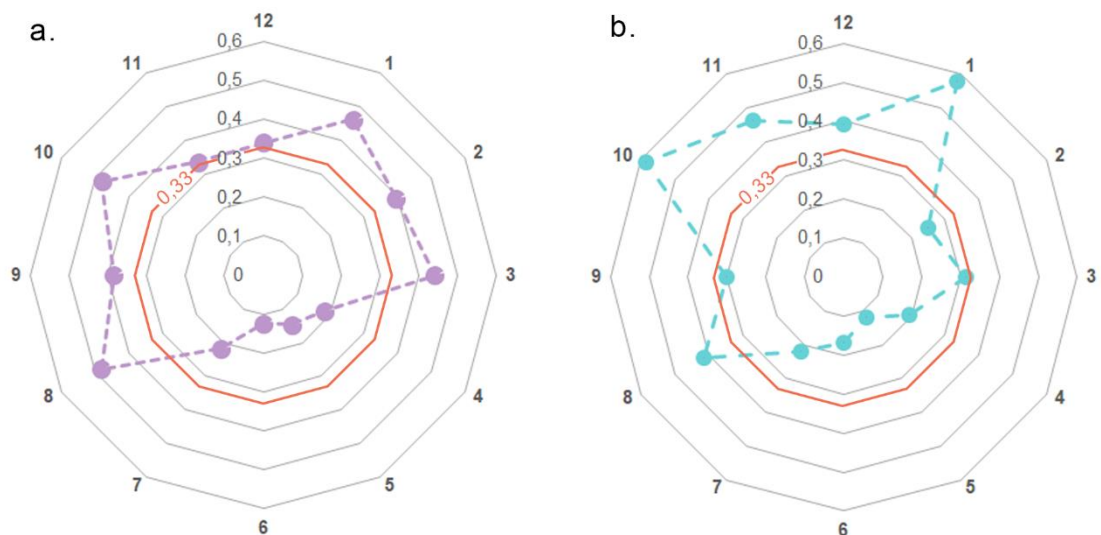
Tiek paveikslų su 4 objektais, tiek paveikslų su 3 objektais empiriniai santykiniai dažniai buvo didesni nei teoriniai, tačiau šie skirtumai buvo maži (atitinkamai 0,11% ir 1,92%) ir statistiškai nereikšmingi. Kadangi $p > 0,05$ gautas skirtumas tarp antro atpažinto objekto, kai jo tipas „tas pats“ teorinio ir empirinio santykinio dažnio nėra statistiškai reikšmingas, nėra pagrindo atmesti nulinę hipotezę H_0 .

Norint įsitikinti ar tai, kad objektai buvo išdėstyti vienodu atstumu nuo centro, lėmė kad nuo centro žvilgsnis buvo nukreipiamas į objektą nepriklausomai nuo jo padėties, buvo apskaičiuoti ir grafiku pavaizduoti (žiūrėti 3.2 pav.) santykiniai dažniai, priklausomai nuo objekto pozicijos. Paveikslams sudaryti naudoti 4 skirtingi šablonai, paveiksluose su 4 objektais vieno jų atvaizdas visada būdavo centre,

o paveiksluose su 3 objektais centre būdavo fiksacijos kryželis; tiek paveiksluose su 4 tiek su 3 objektais 3 objektų padėties paveiksluose skirdavosi, jos galėjo būti:

- naudojant pirmą šabloną – 12, 4, 8;
- naudojant antrą šabloną – 3, 7, 11;
- naudojant trečią šabloną – 1, 5, 9;
- naudojant ketvirtą šabloną – 2, 5, 10.

Kadangi ne centre buvo išdėstyti 3 objektai, teorinė tikimybė pasirinkti objektą lygi 0,33. Grafikams sudaryti vertintos tos pačios paveikslų sąlygos kaip ir 3.1 paveiksle, duomenys sugrupuoti pagal šablonus ir suskaičiuoti santykinai dažniai kiekvienai galimai objekto pozicijai šablone, jie pavaizduoti kartu, vienoje ašyje. Paveiksluose su 4 objektais, tiriamieji buvo instruktuoti pirmiausia atpažinti centre esantį objektą, tad pirmas pasirinkimas objekto kitoje paveikslo vietoje būtų apžiūrint antrą objektą. Paveikslų su 3 objektais atveju, centre nebuvo reikšminio objekto, tik fiksacijos kryželis, tad pirmas apžiūrėtas objektas galėjo būti skirtingose padėtyse.



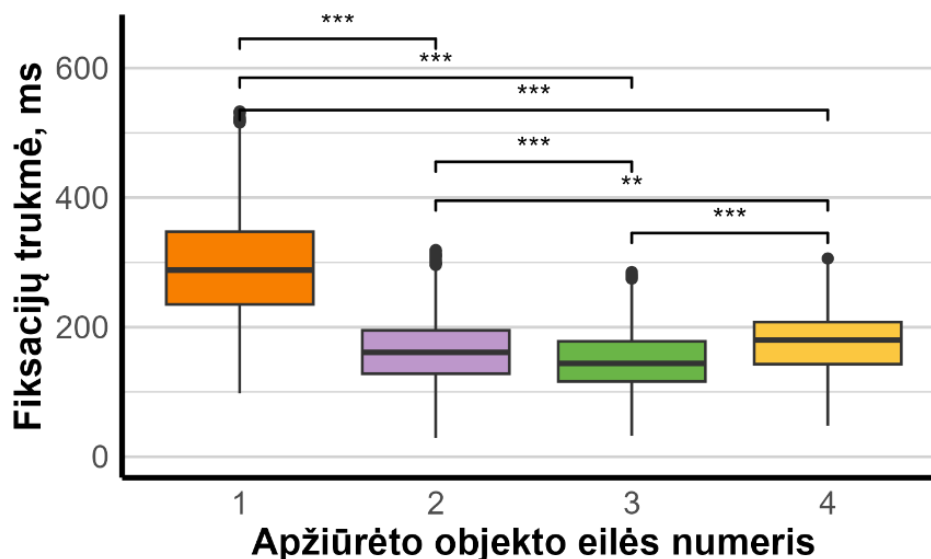
3.2 pav. Pasirinkto apžiūrėti objekto tikimybė, priklausomai nuo objekto pozicijos: a. antras apžiūrėtas objektas paveiksluose su 4 objektais, b. pirmas apžiūrėtas objektas paveiksluose su 3 objektais. Skaičiai aplink apskritimą, nuo 1 iki 12 reiškia objekto pozicijos numerį, o skaičiai vertikaliai, nuo 0 iki 0,6 reiškia tikimybę apžiūrėti toje pozicijoje esantį objektą, raudona linija reiškia teorinę tikimybę.

Paveiksluose su 4 objektais reikšmingai dažniau nei teoriškai tikėtina antri buvo apžiūrimi objektai esantys 1, 3, 8 ir 10 pozicijoje, o paveiksluose su 3 objektais – apžiūrimi objektai esantys 1, 10 ir 11 pozicijose (žiūrėti 3 priedas). Abejais atvejais dažniau buvo renkamas iš centro nukreipti žvilgsnį į viršutinę paveikslo dalį, ši tendencija buvo labiau išreikšta paveiksluose su 3 objektais.

3.2 Objektų apžiūrėjimo trukmės analizė

Siekiant įvertinti tos pačios ir skirtingų kategorijų objektų fiksacijų trukmę, atlikta objektų apžiūrėjimo trukmės analizė. Analizuoti paveikslai su 4 ir 3 objektais, tačiau į analizę neįtrauktos tokios fiksacijos, kurios pasirodžius žodžiui nebuvo pasibaigusios – pasirodžius žodžiui buvo atliekama fiksacija, o ne sakada). Tokios fiksacijos gali būti ilgesnės nei likęs stimulo rodymo laikas, todėl fiksacijos trukmė iki žodžio pasirodymo neatspindės laiko reikalingo objekto analizei; kadangi kiti objektai jau apžiūrėti, tiriamasis gali į paskutinį objektą žiūrėti ilgiau nei reikalinga jo analizei. Taip pat iš analizuojamų duomenų atmestos išskirtys. Pirmiausia analizuota fiksavimo trukmės priklausomybė nuo apžiūrėto objekto eilės numerio.

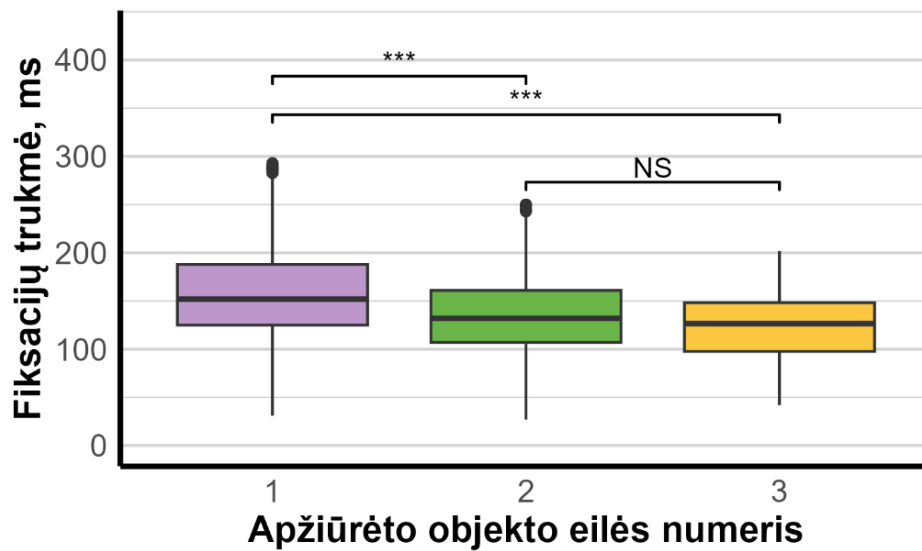
Analizuojant paveikslus su 4 objektais duomenų normalumo prielaida buvo tikrinama naudojant kvantilių palyginimo (QQ) diagramą ir Shapiro-Wilk kriterijų. Normalumo prielaida buvo tenkinama tik vienai iš 4 grupių. Lygių dispersijų prielaida tikrinta Brown-Forsythe kriterijumi, ši prielaida buvo pažeista. Kadangi visoms grupėms normalumo ir lygių dispersijų prielaidos nebuvo tenkinamos, skirtumams tarp grupių įvertinti naudotas Kruskal-Wallis (χ^2) suderinamumo kriterijus $\chi^2(3, n = 6304) = 3307,5$; tarp grupių buvo statistiškai reikšmingų skirtumų $p < 0,001$. Grupių medianos: 1 – 288 ms, 2 – 161 ms, 3 – 144 ms, 4 – 180 ms. Fiksacijų priklausomybė nuo apžiūrėto objekto eilės numerio pateikta 3.3 paveiksle.



3.3 pav. Fiksacijų trukmės priklausomybė nuo apžiūrėto objekto eilės numerio. Analizuoti visų sąlygų paveikslai su 4 objektais. Čia *** atitinka $p \leq 0,001$; ** atitinka $p \leq 0,01$. Stačiakampio aukštis atitinka grupės tarpkvartilinį ilgį (Q_1 - Q_3), o atkarpa stačiakampio viduje žymi medianą. Vertikaliomis linijomis pažymėta grupės duomenų dalis nuo minimumo iki pirmo kvartilio ir nuo trečio kvartilio iki maksimumo, taškais pažymėtos išskirtys.

Post-hoc analizei naudotas Dunn testas (žiūrėti 4 priedas). Nustatyti reikšmingi skirtumai tarp visų grupių. Ilgiausiai buvo apžiūrimas pirmas objektas, po jo sekantys objektai buvo apžiūrimi vis trumpiau, išskyrus 4 objektą.

Analizuojant paveikslus su 3 objektais duomenų normalumo prielaida buvo tikrinama naudojant kvantilių palyginimo (QQ) diagramą ir Shapiro-Wilk kriterijų. Normalumo prielaida buvo tenkinama tik vienai iš 3 grupių. Lygių dispersijų prielaida tikrinta Brown-Forsythe kriterijumi, ši prielaida buvo pažeista. Kadangi visoms grupėms normalumo ir lygių dispersijų prielaidos nebuvo tenkinamos, skirtumams tarp grupių įvertinti naudotas Kruskal-Wallis (χ^2) suderinamumo kriterijus $\chi^2(2, n = 2655) = 159,11$; tarp grupių buvo statistškai reikšmingų skirtumų $p < 0,001$. Grupių medianos: 1 – 152,0 ms, 2 – 132,0 ms, 3 – 126,5 ms. Fiksacijų priklausomybė nuo apžiūrėto objekto eilės numerio pateikta 3.4 paveiksle.



3.4 pav. Fiksacijų trukmės priklausomybė nuo apžiūrėto objekto eilės numerio. Analizuoti visų sąlygų paveikslai su 3 objektais. Čia *** atitinka $p \leq 0,001$; NS žymi statistiškai nereikšmingą skirtumą.

Stačiakampio aukštis atitinka grupės tarpkvartilinį ilgį (Q_1-Q_3), o atkarpa stačiakampio viduje žymi medianą. Vertikaliomis linijomis pažymėta grupės duomenų dalis nuo minimumo iki pirmo kvartilio ir nuo trečio kvartilio iki maksimumo, taškais pažymėtos išskirtys.

Post-hoc analizei naudotas Dunn testas (žiūrėti 4 priedas). Nustatyti reikšmingi skirtumai tarp pirmos ir antros ir pirmos ir trečios grupių, tad iš trijų objektų paveiksle ilgiausiai buvo apžiūrimas pirmas objektas.

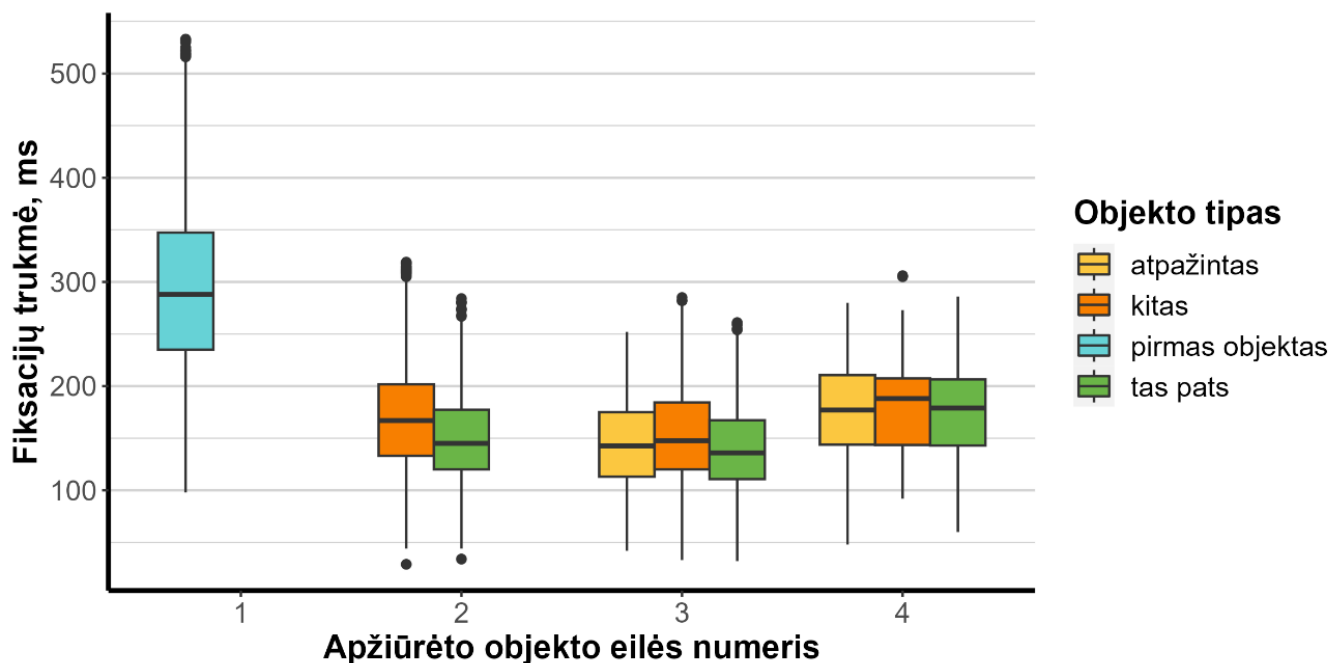
Tiek paveiksluose su 4, tiek paveiksluose su 3 objektais fiksacijų trukmė skyrėsi priklausomai nuo to, kelintas objektas buvo apžiūrimas (išskyrus paveiksluose su 3 objektais, kai 2 ir 3 apžiūrėto objekto trukmės reikšmingai nesiskyrė).

Siekta nustatyti, ar fiksavimo trukmė priklauso nuo objekto tipo ankstesnio atpažinto objekto atžvilgiu ir keltos tokios hipotezės:

- H_0 : Fiksavimo trukmė į objektus „tas pats“ ir „kitas“ reikšmingai nesiskirs.
- H_1 : Fiksavimo trukmė į objektus, kurių tipas „tas pats“ bus trumpesnė nei į objektus, kurių tipas „kitas“.

Objektų tipai įvardinti praeito atpažinto objekto kategorijos atžvilgiu, „tas pats“ nurodo kad objektas yra tokios pačios kategorijos kaip ir praeitas, „kitas“ nurodo kad objekto kategorija kitokia nei praeito tame paveiksle atpažinto objekto.

Analizuojant paveikslus su 4 objektais duomenų normalumo prielaida buvo tikrinama naudojant kvantilių palyginimo (QQ) diagramą ir Shapiro-Wilk kriterijų. Normalumo prielaida buvo tenkinama tik trims iš 9 grupių. Lygių dispersijų prielaida tikrinta Brown-Forsythe kriterijumi, ši prielaida buvo pažeista. Kadangi visoms grupėms normalumo ir lygių dispersijų prielaidos nebuvo tenkinamos, skirtumams tarp grupių įvertinti naudotas Kruskal-Wallis (χ^2) suderinamumo kriterijus $\chi^2(8, n = 6304) = 3365,1$; tarp grupių buvo statistiškai reikšmingų skirtumų $p < 0,001$. Fiksacijų priklausomybė 4 objektų paveikslams nuo apžiūrėto objekto eilės numerio ir tipo pateikta 3.5 paveiksle.



3.5 pav. Fiksavimo trukmės priklausomybė nuo objekto apžiūrėjimo eilės numerio ir objekto tipo.

Stačiakampio aukštis atitinka grupės tarpkvartilinį ilgį (Q_1-Q_3), o atkarpa stačiakampio viduje žymi medianą. Vertikaliomis linijomis pažymėta grupės duomenų dalis nuo minimumo iki pirmo kvartilio ir nuo trečio kvartilio iki maksimumo, taškais pažymėtos išskirtys.

Grafike matyti, kad „tas pats“ objektas buvo fiksuojamas trumpiau nei „kitas“ objektas. Siekiant įvertinti, ar šie ir kiti skirtumai tarp grupių yra reikšmingi, buvo atlikta post-hoc analizė. Post-hoc analizei naudotas Dunn testas, analizės rezultatai pateikiami 3.1 lentelėje.

Grupių pavadinimai sudaryti sujungiant apžiūrėto objekto eilės numerį ir objekto tipą. Violetine spalva išskirti „tas pats“ ir „kitas“ grupių palyginimai. Aproximacija – z testo aproximacija apskaičiuojama kaip rangų vidurkių skirtumas, padalytas iš dviejų grupių rangų suminio dispersijos įverčio. Stulpelyje reikšmingumas *** atitinka $p \leq 0,001$; ** atitinka $p \leq 0,01$; * atitinka $p \leq 0,05$.

Lentelė 3.1. Fiksavimo trukmės priklausomybė nuo objekto apžiūrėjimo eilės numerio ir objekto tipo, post-hoc analizės rezultatai naudojant Dunn testą. Analizuoti visų sąlygų paveikslai su 4 objektais.

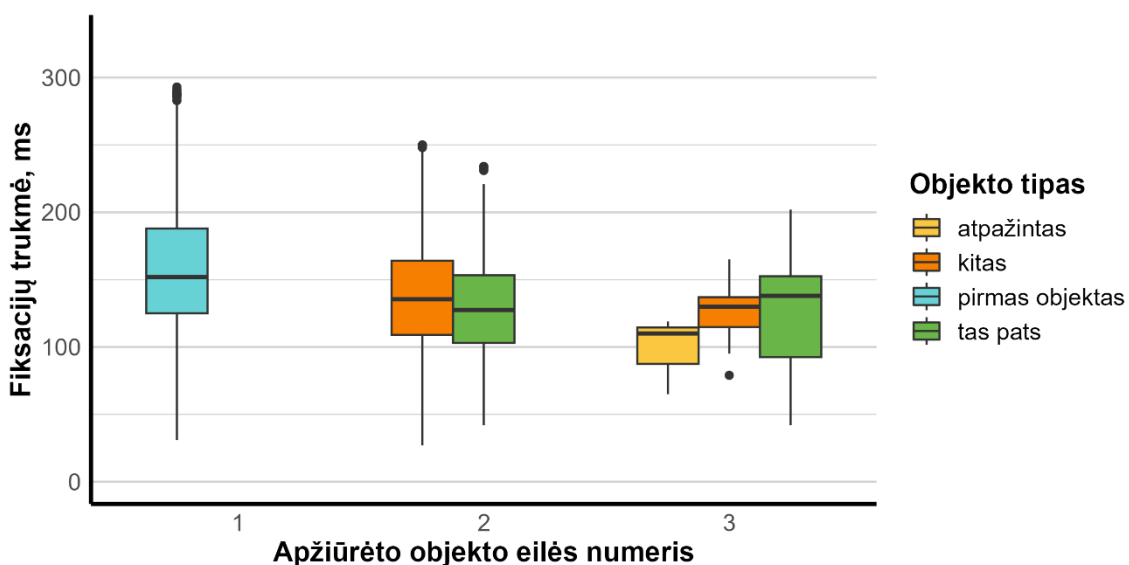
Lyginamos grupės	Aproximacija	p	Reikšmingumas
4.atpažintas-3.atpažintas	885,682	0,006	**
2.kitas-3.atpažintas	646,787	< 0,001	***
3.kitas-3.atpažintas	201,636	1,000	
4.kitas-3.atpažintas	953,422	0,001	**
1.pirmas objektas-3.atpažintas	3063,94	< 0,001	***
2.tas pats-3.atpažintas	81,6449	1,000	
3.tas pats-3.atpažintas	-175,82	1,000	
4.tas pats-3.atpažintas	800,112	0,003	**
2.kitas-4.atpažintas	-238,9	1,000	
3.kitas-4.atpažintas	-684,05	0,032	*
4.kitas-4.atpažintas	67,7395	1,000	
1.pirmas objektas-4.atpažintas	2178,26	< 0,001	***
2.tas pats-4.atpažintas	-804,04	0,004	**
3.tas pats-4.atpažintas	-1061,5	< 0,001	***
4.tas pats-4.atpažintas	-85,57	1,000	
3.kitas-2.kitas	-445,15	< 0,001	***
4.kitas-2.kitas	306,635	1,000	
1.pirmas objektas-2.kitas	2417,16	< 0,001	***
2.tas pats-2.kitas	-565,14	< 0,001	***
3.tas pats-2.kitas	-822,61	< 0,001	***
4.tas pats-2.kitas	153,325	1,000	
4.kitas-3.kitas	751,786	0,006	**
1.pirmas objektas-3.kitas	2862,31	< 0,001	***
2.tas pats-3.kitas	-119,99	1,000	
3.tas pats-3.kitas	-377,46	0,006	**
4.tas pats-3.kitas	598,476	0,013	*
1.pirmas objektas-4.kitas	2110,52	< 0,001	***
2.tas pats-4.kitas	-871,78	0,001	***
3.tas pats-4.kitas	-1129,2	< 0,001	***
4.tas pats-4.kitas	-153,31	1,000	
2.tas pats-1.pirmas objektas	-2982,3	< 0,001	***
3.tas pats-1.pirmas objektas	-3239,8	< 0,001	***
4.tas pats-1.pirmas objektas	-2263,8	< 0,001	***
3.tas pats-2.tas pats	-257,46	0,605	
4.tas pats-2.tas pats	718,467	0,001	**
4.tas pats-3.tas pats	975,931	< 0,001	***

Apžiūrint antrą ir trečią objektą, buvo statistiškai reikšmingai trumpiau fiksuojamą į objektą kurio tipas „tas pats“, nei į objektą „kitas“, o apžiūrint ketvirtą objektą fikscijų trukmė reikšmingai nesiskyrė. Antras „tas pats“ objektas buvo apžiūrimas 22 ms trumpiau nei antras „kitas“, o trečias „tas pats“ – 11,5 ms trumpiau nei trečias „kitas“ (lygintos medianų vertės). Analizuotų grupių medianos pateiktos 3.2 lentelėje.

Lentelė 3.2. Grupių medianos. Analizuoti fikscijų paveiksluose su 4 objektais duomenys.

Grupė	Mediana, ms
1.pirmas objektas	288,0
2.kitas	167,0
2.tas pats	145,0
3.atpažintas	142,5
3.kitas	147,5
3.tas pats	136,0
4.atpažintas	177,0
4.kitas	188,0
4.tas pats	179,0

Paveiksluose su 3 objektais tiriamieji nukreipdavo žvilgsnį nuo fikscijos kryželio, esančio centre atsitiktinai į kurį nors iš objektų. Fikscijų į kryželį paveiksle trukmės neįtrauktos į šią analizę, nes fikscijos kryželis nėra reikšminis objektas. Analizuojant paveikslus su 3 objektais duomenų normalumo prielaida buvo tikrinama naudojant kvantilių palyginimo (QQ) diagramą ir Shapiro-Wilk kriterijų. Normalumo prielaida buvo tenkinama tik keturioms iš 6 grupių. Lygių dispersijų prielaida tikrinta Brown-Forsythe kriterijumi, ši prielaida buvo pažeista. Kadangi visoms grupėms normalumo ir lygių dispersijų prielaidos nebuvo tenkiamos, skirtumams tarp grupių įvertinti naudotas Kruskal-Wallis (χ^2) suderinamumo kriterijus $\chi^2(5, n = 2655) = 168,81$; tarp grupių buvo statistiškai reikšmingų skirtumų $p < 0,001$. Fikscijų priklausomybė nuo apžiūrėto objekto eilės numerio ir tipo pateikta 3.6 paveiksle, analizuoti visų sąlygų paveikslai su 3 objektais.



3.6 pav. Fiksavimo trukmės priklausomybė nuo objekto apžiūrėjimo eilės numerio ir objekto tipo.

Stačiakampio aukštis atitinka grupės tarpkvartilinį ilgį (Q_1 - Q_3), o atkarpa stačiakampio viduje žymi medianą. Vertikaliomis linijomis pažymėta grupės duomenų dalis nuo minimumo iki pirmo kvartilio ir nuo trečio kvartilio iki maksimumo, taškais pažymėtos išskirtys.

Post-hoc analizei naudotas Dunn testas, rezultatai pateikiami lentelėje 3.3, melsva spalva išskirti „tas pats“ ir „kitas“ grupių palyginimai.

Lentelė 3.3 Fiksavimo trukmės priklausomybė nuo objekto apžiūrėjimo eilės numerio ir objekto tipo, post-hoc analizės rezultatai naudojant Dunn testą. Analizuoti visų sąlygų paveikslai su 3 objektais.

Lyginamos grupės	Aproximacija	P	Reikšmingumas
2.kitas-3.atpažintas	739.50313	1,000	
3.kitas-3.atpažintas	505.45833	1,000	
1.pirmas objektas-3.atpažintas	1066.08475	0,242	
2.tas pats-3.atpažintas	594.12598	1,000	
3.tas pats-3.atpažintas	583.51754	1,000	
3.kitas-2.kitas	-234.04480	1,000	
1.pirmas objektas-2.kitas	326.58162	< 0,001	***
2.tas pats-2.kitas	-145.37715	0,063	
3.tas pats-2.kitas	-155.98559	1,000	
1.pirmas objektas-3.kitas	560.62642	0,174	
2.tas pats-3.kitas	88.66765	1,000	
3.tas pats-3.kitas	78.05921	1,000	
2.tas pats-1.pirmas objektas	-471.95877	< 0,001	***
3.tas pats-1.pirmas objektas	-482.56721	0,096	
3.tas pats-2.tas pats	-10.60844	1,000	

Nors apžiūrint antrą „tas pats“ ir „kitas“ tipo objektus, fiksavimo trukmės skirtumo reikšmingumas buvo arti reikšmingumo lygmens, šis skirtumas nėra statistiškai reikšmingas. Apžiūrint trečią objektą taip pat nebuvo reikšmingo skirtumo tarp objekto tipo. Antras „tas pats“ objektas buvo apžiūrimas 8 ms trumpiau nei antras „kitas“, o trečias „tas pats“ – 8 ms ilgiau nei trečias „kitas“ (lygintos medianų vertės). Analizuotų grupių medianos: „1.pirmas objektas“ – 152 ms, „2.kitas“ – 136 ms, „2.tas pats“ – 128 ms, „3.kitas“ – 130 ms, „3.tas pats“ – 138 ms, „3.atpažintas“ – 110 ms.

Tiek paveiksluose su 4 tiek su 3 objektais fiksavimo į paskutinį objektą trukmė reikšmingai nesiskyrė lyginant objektų tipus „tas pats“ ir „kitas“. Hipotezė H_1 gali būti priimta tik paveikslų su 4 objektais atveju, kai buvo apžiūrimas antras ir trečias objektai.

3.3 Rezultatų aptarimas

Analizuojant, ar atpažinus objektą žvilgsnis dažniau bus nukreipiamas į kitą tos pačios kategorijos objektą, nors buvo tikėtasi, reikšmingų skirtumų tarp teorinių ir empirinių santykinių dažnių negauta. Galima svarstyti, kad tam įtakos turėjo:

- Tendencija tęsti paveikslo apžiūrėjimą nukreipiant žvilgsnį iš centro į viršutinę paveikslo dalį (pav.3.2). Tad objekto pasirinkimą galėjo paveikti jo pozicija erdvėje.
- Per mažas objektų dydis paveiksle. Objektų vaizdų dydis buvo pasirinktas taip, kad žiūrint į objekto centrą nebūtų galima vienareikšmiškai įvardinti aplink centrą išdėstytų objektų. Tačiau per mažas jų dydis galėjo lemti, kad periferiniu regėjimu užfiksuota per mažai informacijos, kuri nukreiptų dėmesį iš centro į kitą tos pačios kategorijos objektą.

Analizuojant objektų apžiūrėjimo trukmes nustatyta, kad ilgiausiai buvo apžiūrimas pirmas objektas, o kiti vis trumpiau, išskyrus paskutinį. Šiems rezultatams įtakos galėjo turėti tiek tai, kad objekto atpažinimas galėjo prasidėti ne iš karto tik pasirodžius paveiksliui, o paskutinio objekto atveju, fiksacija galėjo būti ilgesnė dėl to, kad kiti objektai jau atpažinti.

Hipotezę, kad į tos pačios kategorijos objektą bus fiksuojama trumpiau, nei į kitos kategorijos objektą, galima priimti tik paveikslų su 4, bet ne su 3 objektais atveju.

Svarbu atkreipti dėmesį, kad analizuota mažiau paveikslų su 3 objektais, tad ir mažiau fiksacijų nei paveiksluose su 4 objektais (6304 fiksacijos į objektus paveiksluose su 4 objektais ir 2655 – paveiksluose su 3 objektais) ir tai galėjo lemti tai, kad paveiksluose su 3 objektais negauta reikšmingų skirtumų tarp fiksacijų trukmių į kitos ir tos pačios kategorijos objektus.

Tai, kad į dalį tos pačios kategorijos objektų buvo fiksuojama trumpiau galima būtų sieti ir su Wang, Hwang, ir Pomplun tyrimu, kurio rezultatai teigia, kad fiksacijos trukmės mažėjo, didėjant objektų pasikartojimo dažnumui ir tikėtinumui. Nors minėto tyrimo metu kaip stimulai buvo naudojamos įvairių scenų nuotraukos, o ne izoliuotų objektų nuotraukos baltame fone, galima svarstyti, kad ir analizuojant izoliuotų objektų atpažinimą veiktų panašūs mechanizmai.

4. IŠVADOS

1. Tikimybė kad antras apžiūrėtas objektas buvo tos pačios kategorijos kaip pirmas apžiūrėtas objektas, reikšmingai nesiskyrė nuo teorinės. Nėra pagrindo teigti, kad atpažinus objektą, po jo bus dažniau renkamas fiksuoti į tos pačios kategorijos objektą.
2. Stimulų su 4 objektais pateikimo atveju, tiriamieji trumpiau žvilgsnį fiksuodavo į tuos objektus, kurie buvo tos pačios kaip ir praeitas apžiūrėtas objektas kategorijos. Stimulų su 3 objektais atveju, tokio skirtumo nebuvo.

Ieva Baliasinovaitė

Bakalauro baigiamasis darbas

**TOS PAČIOS IR SKIRTINGŲ KATEGORIJŲ OBJEKTŲ VAIZDŲ ATPAŽINIMO TYRIMAS
REGISTRUOJANT AKIŲ JUDESIOUS**

SANTRAUKA

Objektų atpažinimas yra svarbus, kasdieną atliekamas procesas, kuris padėta orientuotis aplinkoje ir atlinkti įvairiausias užduotis: nuo skaitymo, artimųjų veidų atpažinimo iki vairavimo. Objektų atpažinimas susideda iš keleto svarbių etapų, jam įtakos turi dėmesio ir konteksto poveikis, įskaitant ir pačių objektų tarpusavio poveikį vaizdo atpažinimui. Nėra aišku, ar kartu pateikiamų kelių objektų atpažinimas yra nuoseklus ar lygiagretus procesas, skirtinguose tyrimuose gaunami rezultatai paremiantys abu modelius.

Šio bakalauro darbo tikslas – ištirti tos pačios ir skirtingų kategorijų objektų vaizdų atpažinimo skirtumus registruojant akių judesius. Darbo uždaviniai: nustatyti tos pačios ir skirtingų kategorijų objektų atpažinimo nuoseklumą; nustatyti tos pačios ir skirtingų kategorijų objektų fiksacijų trukmę.

Tiriamųjų akių judesiai registruoti naudojant Eye-Link 1000 programinę įrangą atliekant objektų atpažinimo užduotį. Eksperimento metu tiriamiesiems buvo pateikti paveikslai su 3 arba 4 objektų nespaltvotomis nuotraukomis baltame fone, iš viso po 220 paveikslų. Eksperimente naudoti 12 skirtingų kategorijų objektų vaizdai. Eksperimento metu buvo 1 s rodomas fiksacijos kryželis, tuomet rodomas paveikslas su objektų vaizdais (950 ms, jei su 4 arba 700 ms jei su 3 objektais), po jo ekrane pasirodydavo vienos iš kategorijų pavadinimas ir tiriamasis nuspausdavo atitinkamą mygtuką priklausomai ar tokios kategorijos objektas buvo paveiksle ar ne. Analizuoti 20 tiriamųjų (12 moterų ir 8 vyrų) rezultatai. Tiriamųjų amžius: nuo 19 iki 27 metų.

Siekiant įvertinti ar dažniau nei teoriškai tikėtina buvo renkama apžiūri tokios pačios kategorijos antrą objektą kaip ir pirmą, apskaičiuoti ir palyginti teoriniai ir empiriniai santykiniai dažniai, kurie statistiškai reikšmingai nesiskyrė. Stimulų su 4 objektais pateikimo atveju, tiriamieji trumpiau žvilgsnį fiksavo į tuos objektus, kurie buvo tos pačios kaip ir praeitas apžiūrėtas objektas kategorijos. Stimulų su 3 objektais atveju, tokio skirtumo nebuvo.

Ieva Baliasinovaitė

Bachelor thesis

**A STUDY ON THE RECOGNITION OF IMAGES OF OBJECTS FROM THE SAME
AND DIFFERENT CATEGORIES BY RECORDING EYE MOVEMENTS**

SUMMARY

Object recognition is an important, everyday process that helps us to orient ourselves in our environment and perform a wide range of tasks, from reading, recognising the faces of our neighbours, to driving. Object recognition consists of several important steps and is influenced by the effects of attention and context, including the effects of objects themselves on image recognition. It is not clear whether the recognition of multiple objects presented together is a serial or a parallel process, with different studies showing results supporting both models.

The aim of this bachelor thesis is to investigate the differences between image recognition of the same and different categories of objects by recording eye movements. The objectives of the thesis are: to determine recognition order of objects of the same and different categories; to determine the duration of fixations of objects of the same and different categories.

The subjects' eye movements were recorded using Eye-Link 1000 software during an object recognition task. During the experiment, subjects were presented with pictures of 3 or 4 objects on a white background, 220 pictures in total. The experiment used images of objects from 12 different categories. During the experiment, a fixation cross was displayed for 1 s, then a picture with images of the objects was displayed (950 ms for 4 or 700 ms for 3 objects), followed by the name of one of the categories on the screen, and the subject pressed the appropriate button depending on whether the object of mentioned category was in the picture or not. The results of 20 subjects (12 females and 8 males) were analysed. The age of the subjects ranged from 19 to 27 years.

To assess the if the likelihood of choosing to look at a second object of the same category as the first object is greater than expected, the theoretical and empirical relative frequencies were calculated. They were not statistically significantly different. In the case of stimuli with 4 objects, subjects fixated their gaze for shorter periods of time on those objects that were of the same category as the previous object viewed. In the case of stimuli with 3 objects, there was no such difference.

LITERATŪROS ŠARAŠAS

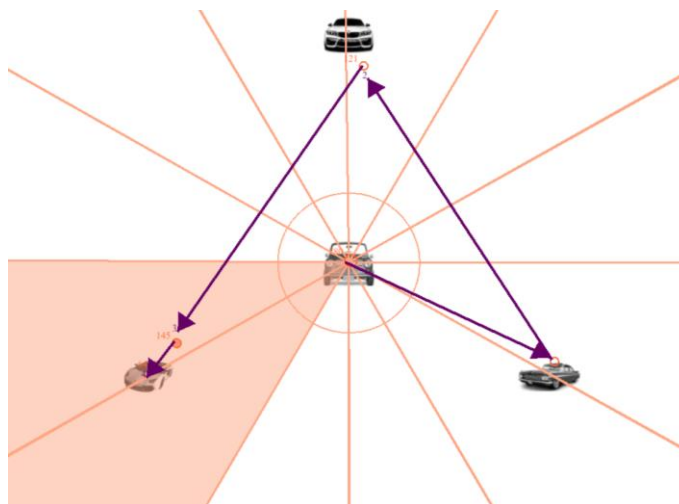
1. Ayzenberg, Vladislav, ir Marlene Behrmann. 2022. „The Dorsal Visual Pathway Represents Object-Centered Spatial Relations for Object Recognition“. *Journal of Neuroscience* 42 (23): 4693–4710. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2257-21.2022>.
2. Baruch, Orit, Ruth Kimchi, ir Morris Goldsmith. 2018. „Attention to Distinguishing Features in Object Recognition: An Interactive-Iterative Framework“. *Cognition* 170 (sausio): 228–44. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.10.007>.
3. Bramão, Inês, Alexandra Reis, Karl Magnus Petersson, ir Luís Faisca. 2011. „The Role of Color Information on Object Recognition: A Review and Meta-Analysis“. *Acta Psychologica* 138 (1): 244–53. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2011.06.010>.
4. Buetti, Simona, Jing Xu, ir Alejandro Lleras. 2019. „Predicting How Color and Shape Combine in the Human Visual System to Direct Attention“. *Scientific Reports* 9 (1): 20258. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56238-9>.
5. Caddigan, Eamon, Heeyoung Choo, Li Fei-Fei, ir Diane M. Beck. 2017. „Categorization Influences Detection: A Perceptual Advantage for Representative Exemplars of Natural Scene Categories“. *Journal of Vision* 17 (1): 21. <https://doi.org/10.1167/17.1.21>.
6. Caplette, Laurent, Frédéric Gosselin, ir Greg L. West. 2021. „Object Expectations Alter Information Use during Visual Recognition“. *Cognition* 214 (rugėjis): 104803. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104803>.
7. Chakravarthi, Ramakrishna, ir Amy Herbert. 2019. „Two’s Company, Three’s a Crowd: Individuation Is Necessary for Object Recognition“. *Cognition* 184 (kovo): 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.12.008>.
8. Cohen, Michael A., Talia Konkle, Juliana Y. Rhee, Ken Nakayama, ir George A. Alvarez. 2014. „Processing Multiple Visual Objects Is Limited by Overlap in Neural Channels“. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111 (24): 8955–60. <https://doi.org/10.1073/pnas.1317860111>.
9. Contini, Erika W., Susan G. Wardle, ir Thomas A. Carlson. 2017. „Decoding the Time-Course of Object Recognition in the Human Brain: From Visual Features to Categorical Decisions“. *Neuropsychologia*, Special Issue: Concepts, Actions and Objects: Functional and Neural Perspectives, 105 (spalis): 165–76. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.02.013>.
10. Einhäuser, Wolfgang, Charlotte Atzert, ir Antje Nuthmann. 2020. „Fixation durations in natural scene viewing are guided by peripheral scene content“. *Journal of Vision* 20 (4): 15. <https://doi.org/10.1167/jov.20.4.15>.
11. Fabre-Thorpe, M., A. Delorme, C. Marlot, ir S. Thorpe. 2001. „A Limit to the Speed of Processing in Ultra-Rapid Visual Categorization of Novel Natural Scenes“. *Journal of Cognitive Neuroscience* 13 (2): 171–80. <https://doi.org/10.1162/089892901564234>.
12. Foulsham, T. 2015. „Eye Movements and Their Functions in Everyday Tasks“. *Eye* 29 (2): 196–99. <https://doi.org/10.1038/eye.2014.275>.
13. Gauthier, Isabel, ir Michael J. Tarr. 2016. „Visual Object Recognition: Do We (Finally) Know More Now Than We Did?“ *Annual Review of Vision Science* 2 (1): 377–96. <https://doi.org/10.1146/annurev-vision-111815-114621>.
14. Goris, Robbe, ir Hans Op De Beeck. 2010. „Invariance in visual object recognition requires training: a computational argument“. *Frontiers in Neuroscience* 3. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/neuro.01.012.2010>.
15. Humphreys, Glyn W. 2016. „Feature confirmation in object perception: Feature integration theory 26 years on from the Treisman Bartlett lecture“. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 69 (10): 1910–40. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.988736>.

16. Hutmacher, Fabian. 2019. „Why Is There So Much More Research on Vision Than on Any Other Sensory Modality?“ *Frontiers in Psychology* 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.02246>.
17. Yu, Xinger, Zhiheng Zhou, Stefanie I. Becker, Sage E. P. Boettcher, ir Joy J. Geng. 2023. „Good-Enough Attentional Guidance“. *Trends in Cognitive Sciences* 27 (4): 391–403. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2023.01.007>.
18. Joubert, Olivier R., Guillaume A. Rousselet, Denis Fize, ir Michèle Fabre-Thorpe. 2007. „Processing Scene Context: Fast Categorization and Object Interference“. *Vision Research* 47 (26): 3286–97. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2007.09.013>.
19. Kaiser, Daniel, Genevieve L. Quek, Radoslaw M. Cichy, ir Marius V. Peelen. 2019. „Object Vision in a Structured World“. *Trends in Cognitive Sciences* 23 (8): 672–85. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.04.013>.
20. Kirchner, Holle, ir Simon J. Thorpe. 2006. „Ultra-Rapid Object Detection with Saccadic Eye Movements: Visual Processing Speed Revisited“. *Vision Research* 46 (11): 1762–76. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2005.10.002>.
21. Kristjánsson, Árni, ir Howard Egeth. 2020. „How Feature Integration Theory Integrated Cognitive Psychology, Neurophysiology, and Psychophysics“. *Attention, Perception, & Psychophysics* 82 (1): 7–23. <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01803-7>.
22. Lauer, Tim, ir Melissa L.-H. Võ. 2022. „The Ingredients of Scenes That Affect Object Search and Perception“. *Human Perception of Visual Information: Psychological and Computational Perspectives*, sudarè Bogdan Ionescu, Wilma A. Bainbridge, ir Naila Murray, 1–32. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81465-6_1.
23. Liesefeld, Heinrich René, ir Hermann J. Müller. 2020. „A Theoretical Attempt to Revive the Serial/Parallel-Search Dichotomy“. *Attention, Perception, & Psychophysics* 82 (1): 228–45. <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01819-z>.
24. Liversedge, S. P., ir J. M. Findlay. 2020. „Saccadic eye movements and cognition: Trends in Cognitive Sciences“. *Trends in Cognitive Sciences*. [https://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/fulltext/S1364-6613\(99\)01418-7?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1364661399014187%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/trends/cognitive-sciences/fulltext/S1364-6613(99)01418-7?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1364661399014187%3Fshowall%3Dtrue).
25. Oliva, Aude, ir Antonio Torralba. 2007. „The Role of Context in Object Recognition“. *Trends in Cognitive Sciences* 11 (12): 520–27. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.09.009>.
26. Park, Soojin. 2019. „Attention Scales with Object Size“. *Nature Human Behaviour* 3 (1): 12–13. <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0497-y>.
27. Peyrin, Carole, Alexia Roux-Sibilon, Audrey Trouilloud, Sarah Khazaz, Malena Joly, Cédric Pichat, Muriel Boucart, Alexandre Krainik, ir Louise Kauffmann. 2021. „Semantic and Physical Properties of Peripheral Vision Are Used for Scene Categorization in Central Vision“. *Journal of Cognitive Neuroscience* 33 (5): 799–813. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01689.
28. Perry, Carolyn Jeane, ir Mazyar Fallah. 2014. „Feature integration and object representations along the dorsal stream visual hierarchy“. *Frontiers in Computational Neuroscience* 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fncom.2014.00084>.
29. Popovkina, Dina V., John Palmer, Cathleen M. Moore, ir Geoffrey M. Boynton. 2021. „Is there a serial bottleneck in visual object recognition?“ *Journal of Vision* 21 (3): 15. <https://doi.org/10.1167/jov.21.3.15>.
30. Poth, Christian H., Arvid Herwig, ir Werner X. Schneider. 2015. „Breaking Object Correspondence Across Saccadic Eye Movements Deteriorates Object Recognition“. *Frontiers in Systems Neuroscience* 9. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnsys.2015.00176>.

31. Purves, Dale, George J. Augustine, David Fitzpatrick, Lawrence C. Katz, Anthony-Samuel LaMantia, James O. McNamara, ir S. Mark Williams. 2001. „Types of Eye Movements and Their Functions“. *Neuroscience. 2nd Edition*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10991/>.
32. Ramey, Michelle M., Andrew P. Yonelinas, ir John M. Henderson. 2019. „Conscious and Unconscious Memory Differentially Impact Attention: Eye Movements, Visual Search, and Recognition Processes“. *Cognition* 185 (balandžio): 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2019.01.007>.
33. Rothkegel, Lars O. M., Hans A. Trukenbrod, Heiko H. Schütt, Felix A. Wichmann, ir Ralf Engbert. 2017. „Temporal evolution of the central fixation bias in scene viewing“. *Journal of Vision* 17 (13): 3. <https://doi.org/10.1167/17.13.3>.
34. Schütz, Alexander C., Doris I. Braun, ir Karl R. Gegenfurtner. 2011. „Eye movements and perception: A selective review“. *Journal of Vision* 11 (5): 9. <https://doi.org/10.1167/11.5.9>.
35. Shurygina, Olga, Árni Kristjánsson, Luke Tudge, ir Andrey Chetverikov. 2019. „Expectations and perceptual priming in a visual search task: Evidence from eye movements and behavior“. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 45: 489–99. <https://doi.org/10.1037/xhp0000618>.
36. Treisman, Anne M., ir Garry Gelade. 1980. „A Feature-Integration Theory of Attention“. *Cognitive Psychology* 12 (1): 97–136. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90005-5).
37. Trouilloud, Audrey, Louise Kauffmann, Alexia Roux-Sibilon, Pauline Rossel, Muriel Boucart, Martial Mermillod, ir Carole Peyrin. 2020. „Rapid Scene Categorization: From Coarse Peripheral Vision to Fine Central Vision“. *Vision Research* 170 (gegužės): 60–72. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2020.02.008>.
38. Trouilloud, Audrey, Pauline Rossel, Cynthia Faurite, Alexia Roux-Sibilon, Louise Kauffmann, ir Carole Peyrin. 2022. „Influence of physical features from peripheral vision on scene categorization in central vision“. *Visual Cognition* 30 (6): 425–42. <https://doi.org/10.1080/13506285.2022.2087814>.
39. Vater, Christian, Benjamin Wolfe, ir Ruth Rosenholtz. 2022. „Peripheral Vision in Real-World Tasks: A Systematic Review“. *Psychonomic Bulletin & Review* 29 (5): 1531–57. <https://doi.org/10.3758/s13423-022-02117-w>.
40. Wang, Hsueh-Cheng, Alex D. Hwang, ir Marc Pomplun. 2010. „Object Frequency and Predictability Effects on Eye Fixation Durations in Real-World Scene Viewing“. *Journal of Eye Movement Research* 3 (3). <https://doi.org/10.16910/jemr.3.3.3>.
41. White, Alex L., Erik Runeson, John Palmer, Zachary R. Ernst, ir Geoffrey M. Boynton. 2017. „Evidence for unlimited capacity processing of simple features in visual cortex“. *Journal of Vision* 17. <https://doi.org/10.1167/17.6.19>.
42. Wolfe, Jeremy M. 2020. „Forty Years after Feature Integration Theory: An Introduction to the Special Issue in Honor of the Contributions of Anne Treisman“. *Attention, Perception, & Psychophysics* 82 (1): 1–6. <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01966-3>.
43. Wolfe, Jeremy M., Kyle R. Cave, ir Susan L. Franzel. 1989. „Guided Search: An Alternative to the Feature Integration Model for Visual Search.“ *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 15 (3): 419–33. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.15.3.419>.
44. Wolfe, Jeremy M, ir Todd S Horowitz. 2017. „Five Factors that Guide Attention in Visual Search“. *Nature human behaviour* 1 (3): 0058. <https://doi.org/10.1038/s41562-017-0058>.
45. Xu, Bingjie, Mohan S. Kankanhalli, ir Qi Zhao. 2019. „Ultra-Rapid Object Categorization in Real-World Scenes with Top-down Manipulations“. *PLOS ONE* 14 (4): e0214444. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214444>.
46. Xu, Yaoda, ir Marvin M. Chun. 2009. „Selecting and perceiving multiple visual objects“. *Trends in cognitive sciences* 13 (4): 167–74. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.01.008>.

PRIEDAI

Priedas 1. Sričių, naudotų duomenų analizėje schema. Aplink kiekvieną galimą objekto, esančio ne centre poziciją išskirta 60° sritis. Paveiksle violetine spalva pažymėtos sakados, o oranžinėmis linijomis sričių ribos. Oranžine spalva pažymėtas 8 srities plotas.



Toks vaizdas matomas tik atlikus eksperimentą, duomenų analizės metu. Sritys išskirtos atsižvelgiant į tai, kad šio eksperimento atveju, objektai buvo toli vienas nuo kito, baltame fone. Centrinė sritis pažymėta apskritimu, analizuojant duomenis į ją patekusios fiksacijos priskirtos centriniam objektui, arba paveikslų su 3 objektais atveju – fiksacijos kryželiui.

Priedas 2. Teorinių ir empirinių santykinų dažnių apskaičiavimas.

Paveikslai su 4 objektais									
Sąlyga	K2	K3	K5	K5	Viso:	Teorinis santykinis dažnis: antro objekto tipas „tas pats“	Empirinis santykinis dažnis: antro objekto tipas „tas pats“	Teorinis santykinis dažnis: antro objekto tipas „kitas“	Santykinis dažnis: antro objekto tipas „kitas“
Objektų kategorijų skaičius	2	2	3	3					
Tikimybė, kad antro objekto tipas „tas pats“	0,33	0,33	0,33	0					
Tikimybė, kad antro objekto tipas „kitas“	0,67	0,67	0,67	1					
Tokių paveikslų skaičius analizuojamuose duomenyse	382	389	116	264	1151	25,43%	25,54%	74,57%	74,46%

Paveikslai su 3 objektais									
Sąlyga	T2	T2	T3	T3	Viso:	Teorinis santykinis dažnis: antro objekto tipas „tas pats“	Empirinis santykinis dažnis: antro objekto tipas „tas pats“	Teorinis santykinis dažnis: antro objekto tipas „kitas“	Empirinis santykinis dažnis: antro objekto tipas „kitas“
Objektų kategorijų skaičius	2	2	2	2					
Tikimybė, kad antro objekto tipas „tas pats“	0,5	0	0,5	0					
Tikimybė, kad antro objekto tipas „kitas“	0,5	1	0,5	1					
Tokių paveikslų skaičius analizuojamuose duomenyse	164	111	169	104	675	30,38%	32,30%	69,62%	67,70%

Priedas 3. Tikimybės pasirinkti apžiūrėti objektą skirtingose pozicijose įvertinimas. Čia teorinė tikimybė lygi 33%. Šių tikimybių statistinis reikšmingus lygintas naudojant Chi kvadratu suderinamumo kriterijų. Statistiškai nereikšmingi skirtumai paryškinti oranžine spalva.

Paveikslai su 4 objektais						
Pozicija	8	3	1	9	2	10
Tikimybė	48%	44%	46%	38%	39%	48%
Skirtumas lyginant su teorine tikimybe	14,84%	10,75%	12,70%	5,16%	6,00%	14,61%
95% PI	7,33%; 22,11%	3,00%; 18,31%	4,16%; 20,98%	-3,20%; 13,42%	-2,15%; 14,03%	6,28%; 22,66%
statistika	14,94	7,39	8,48	1,46	2,07	11,79
DF	1	1	1	1	1	1
p	= 0,0001	= 0,0066	= 0,0036	= 0,2276	= 0,1501	= 0,0006

Paveikslai su 3 objektais					
Pozicija	1	10	11	8	12
Tikimybė	58%	59%	47%	42%	39%
Skirtumas lyginant su teorine tikimybe	24,75%	25,46%	13,17%	8,22%	5,80%
95% PI	12,95%; 35,60%	13,48%; 36,43%	3,57%; 22,43%	-1,10%; 17,33%	-3,44%; 14,90%
Statistika	16,72	17,15	7,21	2,98	1,50
DF	1	1	1	1	1
P	< 0,0001	< 0,0001	= 0,0072	= 0,0845	= 0,2202

Priedas 4. Objektų apžiūrėjimo trukmės nuo objekto apžiūrėjimo eilės numerio post-hoc analizės rezultatai, naudotas Dunn testas.

Lyginamos grupės	Aproksimacija	p	žymėjimas
Paveikslai su 4 objektais			
2-1	-2582,23	< 0,001	***
3-1	-3010,19	< 0,001	***
4-1	-2195,53	< 0,001	***
3-2	-427,96	< 0,001	***
4-2	386,70	< 0,003	**
4-3	814,66	< 0,001	***
Paveikslai su 3 objektais			
2-1	-374.4772	< 0,001	***
3-1	-561.6044	< 0,001	***
3-2	-187.1272	= 0,484	NS

Aproksimacija - z testo aproksimacija apskaičiuojama kaip rangų vidurkių skirtumas, padalytas iš dviejų grupių rangų suminio dispersijos įverčio.