

VILNIAUS UNIVERSITETAS

Aldona Radzevičienė

ATKARPOS FRAGMENTŲ PAKRYPOS IR PADĖTIES ERDVĖJE
SUVOKIMO MECHANIZMAI

Daktaro disertacija
Socialiniai mokslai, psichologija (06 S)

Vilnius, 2012

Disertacija rengta 2007 – 2011 metais Vilniaus universitete

Mokslinis vadovas: prof. habil. dr. Petras Henrikas Vaitkevičius (Vilniaus universitetas, socialiniai mokslai, psichologija - 06 S)

TURINYS

| | |
|---|----|
| 1. SAŲOKOS..... | 5 |
| 2. ĮVADAS | 6 |
| 2. TYRIMŲ APŽVALGA | 12 |
| 2.1. Vaizdo požymių kodavimas..... | 14 |
| 2.2. Pakrypos ir jos kodavimo būdai, užduočių psichofiziniams eksperimentams formavimas..... | 17 |
| 2.2.1. Tarpusavyje nepriklausomų pakrypos detektorių formavimas | 17 |
| 2.2.2. Vektorinio modelio savybės | 21 |
| 2.3. Vaizdo elementų padėties erdvėje kodavimas..... | 23 |
| 2.4. Atstumo tarp dviejų taškų įvertinimas..... | 27 |
| 3. METODIKA | 31 |
| 3.1. Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: liekamasis adaptacijos poveikio efektas..... | 31 |
| 3.2. Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: normalizacijos efektas | 34 |
| 3.3. Atkarpos ilgio suvokimo priklausomybė nuo jos projekcijos vietos akies tinklainėje..... | 37 |
| 4. REZULTATAI..... | 42 |
| 4.1. Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: liekamojo adaptacijos poveikio efektas..... | 42 |
| 4.2. Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: normalizacijos efektas..... | 63 |
| 4.3. Atkarpos dydžio suvokimo priklausomai nuo atkarpos projekcijos vietos akies tinklainėje rezultatai..... | 67 |
| 5. REZULTATŲ APTARIMAS..... | 72 |
| 5.1. Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: tilt after efektas.... | 72 |
| 5.2. Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: normalizacijos efektas..... | 76 |
| 5.3. Atkarpos dydžio suvokimo priklausomai nuo atkarpos projekcijos vietos akies tinklainėje..... | 77 |

| | |
|--|-----|
| 6. IŠVADOS | 86 |
| LITERATŪRA | 87 |
| STRAIPSNIŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS | 97 |
| PRIEDAI..... | 99 |
| PADĖKA | 101 |

1. SAŲOKOS

Atvaizdas – objekto vaizdas, susidarantis akies tinklainėje. Vienas objektas gali turėti daug atvaizdų.

Centroidas – apšvietos svorio centras.

Detektorius – neuronas jautrus (maksimaliai sužadinas) tam tikram požymiui ir konkrečiai to požymio vertei. Pavyzdžiui, neuronas maksimaliai sužadinas pateikus vertikalios pakrypos tiesę (vertikalios pakrypos detektorius).

Distalinis stimulus – stimulus, kuris tiesiogiai receptorių nedirgina, pvz. regos sistemoje receptorius dirgina ne pats stimulus, o jo atvaizdas akies tinklainėje.

Kūgeliai – akies tinklainėje esantys receptoriai, funkcionuojantys esant fotopinei ir mezopinei apšvietai ir atsakingi už spalvinį regėjimą. Kitaip dar vadinami kolbelėmis.

Lazdelės – akies tinklainės receptoriai, funkcionuojantys prie mezopinės ir skotopinės apšvietos.

Liekamasis adaptacijos poveikis (Tilt-after effect (TAE)) – suvokiama pakrypa priklauso nuo fizinės regimosios tiesės pakrypos ir tiesės pakrypos, kuri buvo pateikta prieš tai (Gibson, 1937).

Normalizacijos efektas – ilgai stebint tam tikros pakrypos tiesę, suvokiama tiesės pakrypa kinta – pagal Gibsoną sukasi link artimiausios vertikalios arba horizontalios pakrypos (Gibson, 1937).

Pakrypa – objekto (jo dalies, tiesės ir kt.) pakrypimas/pasvirimas tam tikru kampu atžvilgiu pasirinktos tiesės (vertikalios arba horizontalios).

Proksimalus stimulus – stimulus tiesiogiai dirginantis receptorius, pavyzdžiui lytoje.

Neurono receptinis laukas – tinklainės plotelis, kurios esantis neuronai siunčia signalus į neurono įėjimą.

2. ĮVADAS

Rega svarbiausias žmogaus analizatorius, kuriuo pagalba žmogus gauna apie 90% informacijos susijusios su aplinka. Vienas pagrindinių žmogaus uždavinių yra orientuotis aplinkoje gebant suvokti aplinkoje esančius objektus. Kalbant apie regą, reiktų pabrėžti, kad žmogus analizuoja ne pačius objektus, o jų atvaizdus (arba vaizdus) akies tinklainėje. Kadangi tiesiogiai receptorius dirgina ne pats objektas, bet jo atvaizdas, tai objekto atvaizdas yra *proksimalus regimasis stimulus*, o pats objektas yra *distalinis stimulus*. Reiktų pabrėžti, kad vienas ir tas pat objektas (distalinis stimulus) sukuria daugybę atvaizdų tinklainėje (proksimalių stimulų). Dėl šios priežasties regimasis suvokimas tampa dar sudėtingesnis – vienas objekto atvaizdas pilnai neapibudina paties objekto. Kyla klausimas, pagal kokius objekto atvaizdo požymius suvokiame objektą.

Objekto atvaizdas tinklainėje suskaldomas į atskirus fragmentus (diskretiname vaizdą arba sudarome jo mozaikinį vaizdą) ir išskiriama suvokimui reikalingi lokalūs požymiai. Kadangi skirtingi atvaizdai gali turėti tuos pačius požymius, tai iš lokalių požymių reikia mokėti sudaryti globalų vaizdą. Šis uždavinys susijęs ne su lokaliu informacijos apdorojimu. Taigi yra bent du informacijos apdorojimo etapai - lokalus ir globalus. Šiame darbe tirsime tik lokalius regimojo vaizdo apdorojimo mechanizmus.

Reikia nustatyti, kokie lokalūs požymiai reikalingi vaizdų atpažinimui ir kaip šie požymiai koduojami regos sistemoje. Pavyzdžiui, spalva, objekto ar jo fragmentų padėtis erdvėje yra labai svarbūs požymiai atpažįstant objektus. Žinant reikalingų požymių sąrašą reikia dar žinoti, kaip šie požymiai koduojami regos sistemoje. Taigi vėl susiduriame su dviem skirtingais uždaviniais. Visu pirma, reikia nustatyti kokie požymiai reikalingi, ir reikia išsiaiškinti, kaip jie koduojami regos sistemoje.

Sprendžiant pirmą uždavinį stengiamasi analizuoti vaizdus, kuriuos žmogus dažniausiai mato ir jie yra svarbūs. Šiame etape visas vaizdas suskaldomas į skaičių seką, kurie nusako atskirų taškų (pikselių) intensyvumą.

Daugybei įvairiausių vaizdų sudaromas toks skaičių rinkinys. Toliau atliekama šiuo didelio skaičių masyvo statistinė analizė - stengiamasi išskirti minimalų požymių skaičių, kurie leistų aprašyti aplinkoje esamus vaizdus. Šiems skaičiavimams dažniausiai naudojamas principinių komponentių metodas (detaliau tai aprašyta šiuose darbuose (Olshauseny, Field, 1996, 1997; Hoyer Hyvärinen, 2000; Hateren, Schaaf (1998); Yin, Allinson, 1995) Be abejo, reikalingų požymių sąrašas priklauso nuo aplinkos ir kokius uždavinius sprendžia žmogus. Buvo parodyta, kad tipinėse sąlygose būtini požymiai yra atskirų fragmentų spalva (t.y. skaistis, spalvinis tonas ir sodris), objekto vaizdo dalies, kuri yra analizuojamame fragmente vidutinė pakrypa, judesio kryptis ir greitis, kuriuo juda fragmentas, atskiro fragmento padėtis tinklainėje ir atskirų fragmentų tarpusavio padėtis, nuotolis tarp jų ir t.t.

Toliau kyla klausimas, kaip regos sistema „sugeba konkrečiai įvertinti“ požymio reikšmę (pavyzdžiui, kokia tai spalva, kontūro pakrypa, koks yra atstumas tarp atskirų fragmentų ir t.t.). Taip pat reikia išsiaiškinti, kaip regos sistemoje koduojami atskiri požymiai, ar yra bendri jų kodavimo mechanizmai.

Šiame darbe pasirenkami kitų autorių minėtais metodais nustatyti požymiai - objektų kontūro pakrypa ir fragmentų tarpusavio nuotolis. Aiškinant orientacijos kodavimo mechanizmus buvo tiriami taip vadinamieji liekamasis adaptacijos poveikis (TAE) ir normalizacijos efektai. TAE – suvokiama tiesės pakrypa priklauso nuo regimos tiesės fizinės pakrypos ir tiesės pakrypos, kuri buvo pateikta prieš tai. Normalizacijos efektas – ilgai stebint tam tikros pakrypos tiesę, suvokiama tiesės pakrypa kinta – pagal Gibsoną sukasi link artimiausios vertikalios arba horizontalios pakrypos (Gibson, 1937). Nors šie efektai yra tiriami (TAE efektas yra tyrinėtas daugiau (Clifford ir kt., 2000, Clifford ir kt., 2001, Gibson, 1933,1937, Gibson, Radner 1937 a,b, Westheimer, Gee, 2002)), tačiau iki šiol minėti efektai nebuvo panaudoti siekiant išsiaiškinti kodavimo mechanizmus. Tuo labiau normalizacijos efekto fiziologiniai mechanizmai lieka nesuprasti. Šios stebimus reiškinius galima panaudoti apibendrintų modelių patikrai (Fomin et

al, 1979; Vidyasagar, 1985, 1987; Vidyasagar, Urbas, 1992; Vidyasagar et al, 1996). Nepavyko rasti eksperimentinių darbų, kur tai būtų daroma.

Kitas svarbus klausimas, kaip žmogus nustato vaizdo elementų padėtį erdvėje ir atstumą tarp jų. Šis klausimas iki galo nėra ištirtas ir suprastas, kaip žmogus nustato ir įvertina atstumą tarp dviejų taškų. Pavyzdžiui, remiantis gerai žinoma "lokalaus ženklų" koncepcija, kurią dar pasiūlė Mulleris ir Heringas negalima suprasti, kaip žmogus gali suvokti objekto padėties pokytį, kai jo atvaizdas tinklainėje pasislenka tik fotoreceptorius penktadaliu (hiperjautrumo reiškinys) (Heely, 1987).

Žinoma, kad kartais suvokiami objekto požymiai neatitinka fizikinių parametrų. Pavyzdžiui, objekto dydžio suvokimas. Keičiantis atstumui iki objekto, objekto atvaizdo akies tinklainėje dydis kinta, atvaizdas yra iškraipomas, tačiau objekto suvokimo kitimas nėra tiesiogiai priklausomas nuo objekto atvaizdo akies tinklainėje kitimo. Todėl šių efektų mechanizmų tyrimas yra aktualus.

Taip pat yra žinoma, jog aplinkos (ar objekto) vaizdas, kuris projektuojasi į akies tinklainę yra iškraipomas tokiu būdu – centrinės akies tinklainės dalyje esantis vaizdas suvokiamas didesnis, periferijoje – mažesnis. Šie žinomi reiškiniai aiškinami dvejopai.

Manoma, kad šis reiškinys susijęs su dėmesio mechanizmais (centravimo mechanizmas). Žmogaus jautrumas objekto padėties pokyčiams srityje, į kurią jis nukreipia dėmesį, padidėja. Pagal Fechnerio dėsnį minimalus vos pastebimas pokytis yra suvokiamas, kaip pastovus minimalus pojūčio matavimo vienetas. Jeigu skirtingi fiziniai atstumai yra slenkstinio dydžio, tai subjektyviai jie bus suvokiami vienodai. Kadangi srityje, kuriai skiriama daugiau dėmesio, jautrumas yra didesnis (absoliutūs slenksčiai yra mažesni), tai šiuo atveju dėmesio srityje tie patys virš slenkstiniai fiziniai atstumai bus suvokiami didesni, negu kitose srityse.

Antra hipotezė mėgina rasti fiziologinius mechanizmus susijusius su centravimo efektu. Tam naudojamas vadinamasis žievės (žievė) didinimo veiksnys (cortical magnification factor (CMF) - Schwartz, 1994). Yra

parodyta, kad centrinė tinklainės dalis siunčia signalus į didesnę regos žievės dalį, negu periferinė jos dalis. Taigi, vaizdas centrinėje tinklainės dalyje projektuojamas į didesnę žievės sritį, negu vaizdas esantis periferinėje jos dalyje, t.y. perduodant vaizdą į žievę jis išstempiamas, padidinamas. Daroma prielaida, kad atvaizdo dydis žievėje proporcingas jo suvokiamam dydžiui. Tokiu būdu toks pat fizinis vaizdas esantis tinklainės centre ir periferijoje bus suvokiamas skirtingo dydžio. Pirmuoju atveju jis bus suvokiamas didesnis, negu antruoju atveju. Tačiau CMF galioja tik tuomet, kai vaizdas yra centrinėje tinklainės dalyje (fovea). Lieka neaišku, kas vyksta, kai vaizdas sukuriamas ne fovealinėje dalyje, o už jos ribų, kur yra tik lazdelės. Taigi neaišku, kokie yra suvokimo subjektyvūs iškraipymai, kai objekto vaizdas keičia padėtį akies tinklainėje – iš centrinės akies tinklainės dalies perkeliamas į periferiją. Ar vaizdo dydžio suvokimo kitimas yra tolygus, stumiant vaizdą iš centro į periferiją? Nuo ko priklauso objekto dydžio suvokimo kitimas, kai keičiasi objekto vaizdo projekcijos vieta akies tinklainėje? Todėl vienas iš šio darbo uždavinių, remiantis apibendrintu požymių kodavimo modeliu, išsiaiškinti, kaip kinta objekto dydžio suvokimas, keičiantis jo projekcijos vietai akies tinklainėje. Nežinant šio mechanizmo nebus galima suprasti, kaip žmogus binokuliariai suvokia trimatę regimąją erdvę.

Tyrimo rezultatai ir išvados pasitarnautų ne tik geriau suprantant žmogaus regimąjį suvokimą, tačiau turėtų ir praktinę vertę. Pavyzdžiui, kuriant regos protezus, tiriant žmogaus dydžio įvertinimą, kai objektai projektuojasi į skirtingas tinklainės vietas. Pavyzdžiui vairuotojui svarbu teisingai įvertinti atstumą tarp objektu, kai jo projekcijos patenka į skirtingas tinklainės vietas, arba keičiantis apšvietai kinta funkcionuojantys receptoriai. Esant fotopiniai apšvietai veikia kūgeliai, o esant mezopiniai apšvietai papildomai veikia ir lazdelės.

Šio darbo tikslas – ištirti, kaip eksperimente nustatyti dviejų suvokimui svarbių požymių (kontūro pakrypos ir atstumo tarp atskirų fragmentų) kodavimo mechanizmus.

Uždaviniai.

1. Ištirti TAE ir normalizacijos efektus, bei sukurti juos aiškinantį modelį.

2. Ištirti, kaip žmogus suvokia atstumą tarp dviejų taškų kintant žvilgsnio fiksacijai ir įvertinti, kokie mechanizmai gali būti susiję su eksperimente gautais reiškiniais.

Ginamieji teiginiai.

1. Nustatyta nauja, dar nežinoma TAE savybė: greta jau žinomų vertikalinių ir horizontalių tiesių, prie kurių adaptacija neįtakoja po jų pateikiamų tiesių pakrypos suvokimo, yra dar dvi papildomos tiesės pakrypos $22,5^\circ$ ir $67,5^\circ$, kurios pasižymi tokiomis pat savybėmis.

2. Nustatyta naujos dar nežinomos normalizacijos savybės. Ilgai stebint vieną ir tą pačią tiesę, jos suvokiama pakrypa kinta, ji sukasi link artimesnės ne tik vertikalės ir horizontalės tiesės (kas jau žinoma), bet ir link artimesnės tiesės, kurios polinkis yra 45° . Be to, yra dar dvi tiesės pakrypos, kurių normalizacijos poslinkis (dreifas) nėra stabilus, t. y. poslinkio kryptis nėra stabili. Tai tiesės, kurių pakrypos yra $22,5^\circ$ ir $67,5^\circ$.

3. TAE ir normalizacijos savybes galima paaiškinti modeliu, kuris aprašo pakrypos kodavimą dviejų selektyvių pakrypai neuronų atsakų santykiu.

4. Vaizdo dydžio suvokimas kinta nemonotoniškai, stumiant vaizdą iš tinklainės centro į periferiją.

5. Vaizdas tinklainės centre maksimaliai subjektyviai padidinamas, slenkant vaizdą iš centro į periferiją jo suvokiamas dydis iš pradžių mažėja, bet apie 7-13 laipsnių regimojo kampo, jis vėl pradeda didėti.

6. Netolygaus vaizdo dydžio suvokimas keičiantis jo padėčiai akies tinklainėje koreliuoja su bendru receptorių tinklainėje tankio kitimu: tolstant nuo tinklainės centro bendras receptorių tankis mažėja (fovea vyrauja kūgeliai,

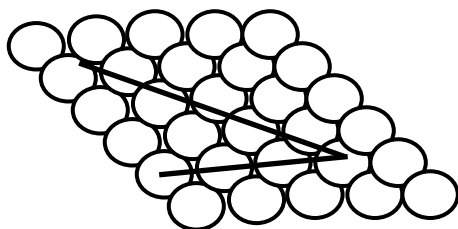
į periferiją jų tankis greitai mažėja), vėliau lazdelių tankis yra ženkliai didesnis negu kūgelių, ir jų tankis einant į periferiją greitai didėja.

7. Siūlomas vaizdo dydžio subjektyvaus įvertinimo modelis - vaizdo svertinas svorio centro padėtis nustatoma 4 neuronu atsaku santykiu (panašiai, kaip spalva koduojama trijų kūgelių atsakų santykiu).

2. TYRIMŲ APŽVALGA

Rega yra vienas svarbiausių žmogaus jutimų. Daug tyrinėjama, tačiau iki pat šių dienų yra labai daug neišaiškintų regimojo suvokimo fenomenų. Regimasis suvokimas labai sudėtingas reiškinys. Kyla klausimas, kaip mes suvokiame tokį sudėtingą aplinkos vaizdą, kurį sudaro įvairiausių dydžių, formų, spalvų detalės, išsidėsčiusios skirtingame nuotolyje erdvėje. Žinoma, kad aplinkos atvaizdas (vaizdas) projektuojasi akies tinklainėje. Kyla klausimas, kas vyksta toliau, kaip analizuojamas vaizdas? Manoma, kad aplinkos atvaizdas yra suskaidomas į mažus gabaliukus, kuriuose atskirai nustatoma tam tikri požymiai: spalva, dydis, orientacija ir kiti. Taip pat nustatoma objekto fragmento padėtis trimatėje erdvėje. Toliau kiekybiškai įvertinama kiekvieno požymio reikšmė (pakrypa, judesio kryptis ir greitis ir t.t.). Informacija iš kiekvieno aplinkos atvaizdo gabalėlio akies tinklainėje vienu metu lygiagrečiais kanalais siunčiama į smegenis, kur vėl sudaromas bendras aplinkos vaizdas. Atskiri požymiai, išskirti iš to paties vaizdo fragmento (gabalėlio), siunčiami į atskiras smegenų dalis. Tokiu būdu kiekvienas tinklainės gabalėlis smegenų žievėje reprezentuojamas ne vieną kartą (Barlow, cit. pgl. Wandell, Winathan, 2011).

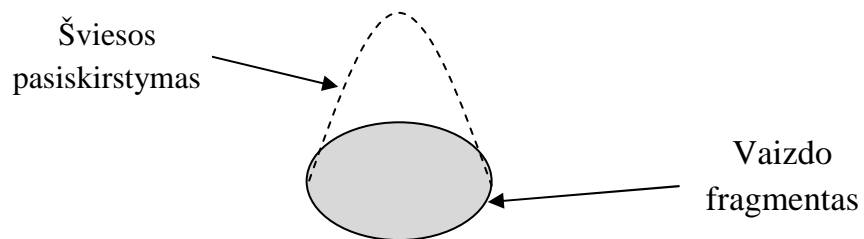
Tarkime turime supaprastintą aplinkos vaizdą, kuriame pateiktos dvi pakrypos (2.1 pav.). Suskaidome aplinkos vaizdą į mažus gabalėlius - fragmentus (mozaika). Kiekvienas vaizdo fragmentas analizuojamas atskirai.



2.1 pav. Aplinkos vaizdo suskaidymas į fragmentus. Šioje schemoje aplinkos vaizdas pateiktas kaip dvi tam tikrų pakrypų susikertančios tiesės. Fragmentai pažymėti mažais apskritimais.

Šviesa¹ kiekviename vaizdo gabalėlyje pasiskirsto netolygiai. Jeigu mes priimame vaizdo fragmentą, kaip nedalomą vienetą, tai turime įvertinti šviesos pasiskirstymą tame fragmente. Šiuo atveju galima skaičiuoti šviesos intensyvumo pasiskirstymą fragmente. Siūloma įvertinti šviesos pasiskirstymo svertinį svorio centrą arba centroidą (Westheimer, 1981; Watt et al, 1983; Watt, Morgan, 1983, 1984, 1985; Morgan, 1986; Morgan ir kt. 1990; Sokolov, Vaitkevičius, 1989). Vertinat atstumą tarp fragmentų skaičiuojamas atstumas tarp atskirų fragmentų centroidų arba svorio centrų (2.2 pav.).

Panašiai galima skaičiuoti vidutinę parametro reikšmę, kuri, pavyzdžiui, charakterizuotų spalvos centroidą. Apibendrinant galima skaičiuoti vidutinę požymio reikšmę (pavyzdžiui pakrypos (Vaitkevičius, 1998; Burns, Pritchard, 1971).



2.2 pav. Centroido iliustracija vaizdo fragmente

Kadangi šviesa vaizdo fragmente pasiskirsto nevienodai, tai skaičiuojama, kur yra pasirinkto nagrinėti vaizdo fragmento apšvietos svorio centras – taip vadinamas centroidas.

¹ Kiekviena sensorinė sistema priima ir apdoroja tik adekvačią informaciją, pvz. rega šviesos elektromagnetines bangas, arba trumpiau šviesą.

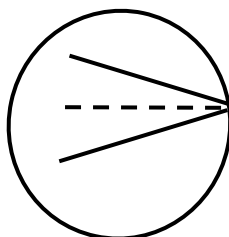
2.1. Vaizdo požymių kodavimas

Kiekviename vaizdo fragmente galima išskirti daug įvairiausių požymių – spalvą, vaizdo elementų orientaciją, formą, dydį ir t.t. Jau anksčiau kalbėjome, kaip nustatoma, kokie požymiai yra reikšmingi vaizdų analizei (Olshauseny, Field, 1996, 1997; Hoyer Hyvärinen, 2000; Hateren, Schaaf, 1998; Yin, Allinson, 1995). Kartu nurodėme, kad žinant kokie požymiai yra svarbūs, reikia suprasti, kaip šie požymiai koduojami regos sistemoje, t.y. kyla klausimas, kaip regos sistemoje yra koduojami skirtingų požymių konkrečios reikšmės (plotas, pakrypa, spalva, judesio kryptis ir greitis, objekto padėtis erdvėje ir t.t.). Kyla klausimas, ar galima būtų teigti, kad yra bendri kodavimo mechanizmai visiems požymiams? Siekiant atsakyti į šiuos klausimus, iš pradžių nagrinėsime jau žinomus požymių kodavimo principus. Geriausiai yra ištirtas spalvos kodavimas. Žinoma, kad spalvą galima nusakyti trimačiu vektoriumi – vektoriaus pakrypa nusako chromatines spalvos savybes – sodrį ir spalvinį toną. Manoma, kad vektoriaus ilgis charakterizuoja trečią spalvos parametą – ryškį arba šviesį (Ingling and Tsou, 1977; Derrington, Krauskopf, Lennie, cit. pagal Vaitkevičius, 2002). Taigi matome, kad spalvą galima užkoduoti trimis parametrais. Nustatyta, kad iš pradžių vaizdas suskaidomas į mažus fragmentus (segmentuojamas). Tada yra įvertinamas vaizdo fragmento spalvos „centroidas“ (požymio centroidas) (Cheng ir kt., 2001).

Atliekama daug tyrimų, kur nagrinėjami spalvos centro modelio sudarymai tiriant veidų atpažinimą (Zhang, etc., 2009; Kumar, Kamal, 2011). Šiuose tyrimuose nagrinėjama, kaip žmonės atpažįsta veidus pagal odos spalvą. Šiuo atveju taip pat manoma, kad visas matomas vaizdas suskaidomas į mažus fragmentus ir nustatoma, kokia yra vidutinė spalva konkrečiame fragmente (Kumar, Kamal, 2011).

Galima teigti, kad panašus principas egzistuoja koduojant ir kitus požymius. Tarkime pasirenkame nagrinėti vieną požymį, pavyzdžiui, pakrypą. Viename fragmente gali būti kelios skirtingos to paties požymio reikšmės, t.y. kelios tiesės turinčios skirtingą pakrypą. 2.2 paveiksle pateikta, kad viename

vaizdo fragmente yra dvi stimulo pakrypos. Nustatyta, kad tokiu atveju skaičiuojama nagrinėjamo požymio vidutinė reikšmė pasirinktame vaizdo fragmente. Laikoma, kad vaizdo fragmento pakrypa yra tarpinė (vidutinė – „pakrypos centroidas“) pakrypa (2.2 paveiksle pateikta punktyrine linija) (Burns, Pritchard, 1971; Vaitkevičius ir kt., 1998).



2.3 pav. Vaizdo fragmente vidutinės pakrypos skaičiavimas. Ištinine linija pateiktos dvi stimulo pakrypos, esančios viename vaizdo fragmente, punktyrine – tarpinė (vidutinė) pakrypa.

Tokiu pačiu principu, nustatant vidutinį nagrinėjamą požymį, gali būti analizuojami visi vaizdo fragmentai.

Tačiau lieka neaišku, kaip koduojama arba nustatoma regos sistemoje konkreti požymio centroido vertė. Yra dvi nuomonės ir abi remiasi ta pačia detektorių sąvoka. Manoma, kad regos sistemoje yra neuronai, kurie maksimaliai sužadunami (jų išėjimo signalas yra maksimalus), kai vaizdo fragmente, iš kurių jie gauna signalą, yra tam tikra požymio vertė (tam tikra spalva, kontūro pakrypa, kai centroidas yra lokalizuotas tam tikroje fragmento vietoje ir t.t.). Pakeitus spalvą, kontūro pakrypą arba padėtį, neurono išėjimo signalas sumažėja ir maksimaliai sužadinas kitas neuronas. Taigi kiekvienas neuronas yra jautrus tam tikrai požymio reikšmei. Kai pateikiama viena požymio reikšmė – maksimaliai sužadinas vienas neuronas, kai pateikiama kita požymio reikšmė – maksimaliai sužadinas jau kitas neuronas. Požymis, kuris maksimaliai sužadina detektorių, vadinamas optimaliu šiam detektoriui. Tokiu būdu žinant, koks neuronas sužadinas maksimaliai daugiau negu visi

kiti, galima su tam tikru tikslumu nustatyti, kokia yra požymio reikšmė. Teigiama, kad šis neuronas yra selektyvus tam tikrai požymio reikšmei ir yra to požymio detektorius (Hubel, 1988; Hubel, Wiesel, 1977; Sekular, Blake, 2002).

Kiekvienas neuronas gauna signalus iš mažo akies tinklainės plotelio. Ta maža tinklainės sritis, iš kurios signalus gauna neuronas, vadinama to neurono recepciniu lauku (RL). Daug neuronų-detektorių gauna signalus iš to paties RL. Dėl to tokių neuronų rinkinys gali nustatyti kokia yra požymio (kokia tiesės pakrypa, kokia jos spalva) reikšmė RL.

Jeigu pati detektorių idėja nekelia didelių ginčų, tai iki šiol svarstoma, kaip tokius detektorius galima suformuoti. Yra du požiūriai.

Pagal vieną požiūrį tokie detektoriai formuojami nepriklausomai ir jų atsakai tarpusavyje yra nesusiję, t.y. matematine prasme jie yra tiesiškai nepriklausomi (Field, 1994; Baddelay, 1996; Olshauseny, Field, 1996, 1997; Hoyer, Hyvärinen, 2000; Hateren, Schaaf (1998); Yin, Allinson, 1995). Tačiau toks požiūris nepaaiškina spalvų suvokimo, nes visų spalvos detektorių atsakai formuojami tik iš trijų kūgelių atsakų (t.y. jau įėjime signalai tarpusavyje koreliuoja). Be to, bet kuri spalvos pojūtį mes galime gauti maišant trijų spalvų šviesos srautus, t.y. tiesiškai sumuojant trijų receptorių atsakus. Reiktų dar paminėti, jog nustatyta, kad pakrypos ir judesio krypties katės neuronų atsakai tarpusavyje koreliuoja – galima išskirti tik du neuronus, kurių išėjimo signalai tarpusavyje nekoreliuoja (Vidyasagar, Urbas, 1992; Daugirdiene et al. 2010; Sokolov et al, 2007).

Pagal antra požiūrį iš pradžių formuojamas nedidelis tiesiškai nepriklausomų neuronų rinkinys. Iš jų signalų formuojami minėti detektoriai, kurių atsakai yra tarpusavyje susiję (koreliuoja). Šiuo atveju detektorių rinkinyje galima būtų išskirti tik tiek nekoreliuotų detektorių, kiek yra nepriklausomų neuronų, iš kurių atsakų formuojami detektorių atsakai. Dabar jau galima tvirtinti, kad surinkti eksperimentiniai duomenys, jog tokiu būdu gali būti formuojami spalvos, pakrypos, judesio krypties detektoriai (Vidyasagar, Urbas, 1992; Daugirdiene et al. 2010; Sokolov et al, 2007).

Kyla klausimas, koks detektorių formavimo mechanizmas? Tai ne tik akademinis klausimas, bet ir klausimas, į kurį atsakius galima būtų suprasti regimųjų vaizdų suvokimo ypatybes ir jas panaudoti praktiniams tikslams, Pavyzdžiui, jeigu egzistuotų pirmas kodavimo būdas, spalvų maišymo fenomenas būtų negalimas - gauti spalvotus vaizdus su trimis liuminoformais būtų neįmanoma. Šiuo metu jau kalbama, kad antras detektorių formavimo būdas yra taikomas ir suvokiant sudėtingus vaizdus, kaip pavyzdžiui veidus (Mesulam, 1998).

Tačiau vieningos nuomonės, koks gali būti požymių kodavimo mechanizmas nėra. Šiame darbe siekiame teoriškai išanalizuoti tiesės pakrypos antrą kodavimo būdą ir surasti tokias jo ypatybes, kurių neturėtų pirmas kodavimo būdas. Toliau tikrinama, ar teoriniu būdu gautos išvalgos pasitvirtins ir eksperimentuose, skirtuose žmogaus tiesės pakrypos suvokimui.

2.2. Pakrypos ir jos kodavimo būdai, užduočių psichofiziniams eksperimentams formavimas

Šioje dalyje sieksime išanalizuoti du pakrypos kodavimo būdus ir nustatyti kiekvienam būdai specifines savybes.

2.2.1. Tarpusavyje nepriklausomų pakrypos detektorių formavimas

Trumpai aprašysime, kaip TAE reiškinys buvo aiškinamas Gibson'o ir jo amžininkų (Gibson, 1933, 1937; Gibson, Radner, 1937 a,b; Koehler, Wallach, 1944) ir kaip dabar jis aiškinamas minėtame modelyje.

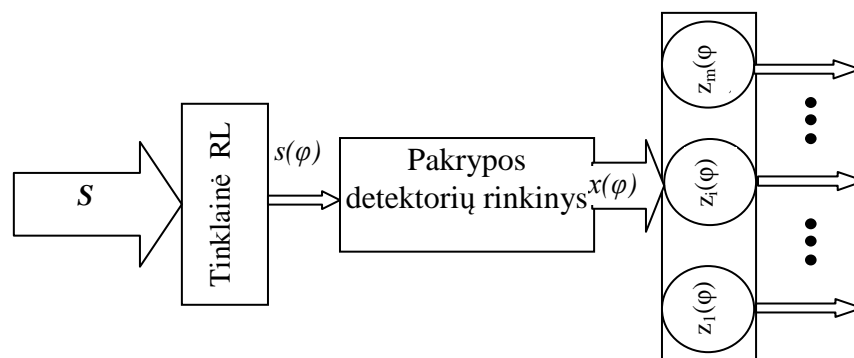
Gibsonas adaptacijos efektus aiškino taip. Regos sistemoje yra centrai, kurių sujaudinimas sukelia dviejų pakrypos pojūčių suvokimą: vertikalumo ir horizontalumo. Nuo šių centrų sujaudinimo santykio priklauso konkrečios pakrypos suvokimas (panašiai, kaip spalvos suvokimas). Mus supančioje aplinkoje yra tam tikrą pakrypą turinčių objektų. Skirtingas pakrypas turinčių objektų skaičius skiriasi. Regos sistema atskaitos tašku (tampa norma) priima

tas pakrypas, kurių konkrečioje aplinkoje yra daugiausia. Dėl šios priežasties atsiranda normalizacijos efektas: tiesių pakrypos normos suvokimas artėja link tos pakrypos, kuri yra artimesnė regos lauke vyraujančioms objektų pakrypoms (Gibson 1937, Gibson, Radner, 1937 a,b). Taigi, vertikalios pakrypos norma tampa ta pakrypa, kuri stebima dažniau ir kuri nuo objektyvios vertikalios skiriasi mažiau jeigu nuo objektyvios horizontalios normos. Šis perkodavimo procesas vyksta iš lėto. Tai adaptacijos rezultatas. Panašiai kinta ir horizontali norma.

Tačiau eksperimentiniai tyrimų rezultatai nepatvirtino šios įžvalgos. Koehler ir Wallach (1944) mėgino aiškinti šį reiškinį normų centrų įsotinimu. Tačiau eksperimentiniais tyrimais buvo parodyta, kad ši hipotezė irgi neteisinga.

Šiuo metu minėtus adaptacijos reiškinius bandoma aiškinti pakrypos detektorių savybėmis (Bednar, Miikkulainen, 2000; Clifford et. al, 2001). Manoma, kad ilgai stebint pakrypas keičiasi maksimaliai sužadintų detektorių jautrumas – kuo detektoriaus atsakai buvo didesni, tuo labiau jo atsakas (jautrumas stimuliui) mažėja. Panagrinėkime šį aiškinimo būdą detaliau.

Minėtas kodavimo būdo modelis pateiktas 2.4 ir 2.5 paveiksluose. 2.4 paveiksle pavaizduotas pakrypos detektorių rinkinys, kurie gauna signalus iš to paties RL. Kaip matome, detektorių skaičius yra baigtinis, dėl to sistema turi pakrypos matavimo paklaidą.



2.4 pav. Detektorių formavimas.

Tiesės atvaizdas formuojamas viename iš RL. Signalas iš receptorių tiesiogiai patenka į pakrypos detektoriaus įėjimą, kurių atsakų priklausomybė nuo tiesės pakrypos (φ) aprašoma funkcija $z_m(\varphi)$, ($m=1, \dots, N$). Šios funkcijos grafiškai parodytos 2.5 paveiksle.

Tegul į sistemos RL projektuojasi tiesė, kurios pakrypa lygi $18,5^\circ$. Ši tiesė yra optimalus stimulus detektoriumi, kurio jautrumo pakrypai funkcija parodyta juoda kreivė, pažymėta 15 numeriu. Kaip matome, keičiantis tiesės pakrypai $\Delta\varphi_p$ dydžiu, nesikeičia maksimaliai sužadintas detektorius ir dėl to nesikeičia "suvokiama" rodomos tiesės pakrypa. Ilgai rodant tą pačią tiesę, detektorių jautrumas mažėja (kuo didesnis buvo išėjimo signalas, tuo labiau mažėja detektoriaus jautrumas). 2.5 b paveiksle parodyta, kaip dėl adaptacijos pakinta detektorių jautrumo funkcijos. Kaip matome šiuo atveju pakinta ir jautrumas pakrypos pokyčiams. Tegul santykinis pakrypos pokyčio slenkstinis yra $\Delta\varphi_{pa}$. Prieš ir po adaptacijos viena ir ta pati tiesė maksimaliai sužadins skirtingus detektorius - 10-ą ir 9-ą. Šis efektas sustiprės, jeigu detektorių tankis bus nevienodas – pavyzdžiui detektorių skaičius, kuriems vertikalios ir horizontalios tiesės yra optimalios, yra didesnis, negu detektoriai diagonalių (pakrypusių apie 45°) skaičius. Paveiksle šiuo atveju detektorių tankis dešinėje ir kairėje 15 detektoriaus bus nevienodas ir dėl to bus nevienodi iš kairės ir dešinės dydžiai $\Delta\varphi_{pa}$. Tokiu būdu ir adaptacinis poveikis bus asimetrinis.

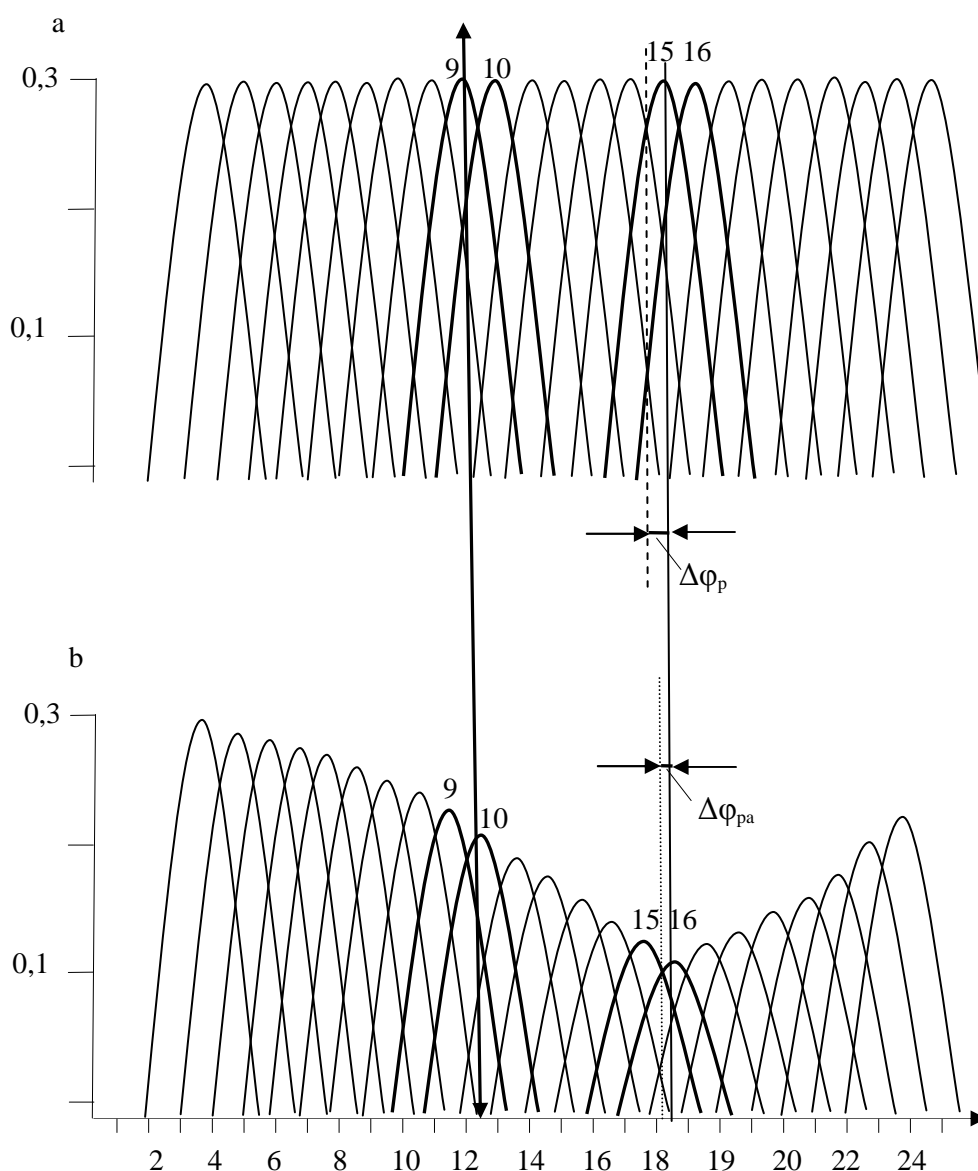
Šio modelio patikrai, reikia žinoti kokiomis adaptacinėmis savybėmis pasižymės šis modelis. Jos yra tokios:

1. TAE dydis nepriklauso nuo pakrypos adaptacinės tiesės.
2. adaptacijos metu suvokiama adaptacinės tiesės pakrypa neturėtų keistis (arba ji kistų nežymiai), t.y. tokioje sistemoje nėra normalizacijos efekto.
3. detektoriaus atsakų lygyje jautrumo funkcijos forma nesikeis (kinta tik jos dydis - po adaptacijos ji tik proporcingai visa sumažėja).

Mums didesnę reikšmę turi pirma ir antra savybės, kadangi jas galima patikrinti psichofizikiniuose eksperimentuose. Trečia savybė jau buvo tikrinta neurofiziologiniuose eksperimentuose. Buvo parodyta, kad to paties

detektoriaus optimali pakrypa prieš ir po adaptacijos skiriasi (parodyta, kad adaptacija keičia detektoriaus optimalią pakrypą - pasikeičia detektoriaus jautrumo funkcijos maksimumo padėtis), t.y. pirmas modelis negali paaikškinti realaus neurono detektoriaus savybės (Dragoi, Sharma, Sur, 2000, 2003).

Norint patikrinti, kuris modelis geriau aprašo adaptacijos įtaką tiesės pakrypos suvokimui, reikia atlikti tokią pat antro tipo modelio analizę.



2.5 pav. Pakrypos detektorių atsakų prieš ir po adaptacijos priklausomybė nuo tiesės pakrypos. Abscisių ašyje - tiesės pakrypa (laipsniais), ordinačių ašyje – neuronų atsakų dydžiai (sąlyginiais

vienetais). Detektorių tiesės jautrio pakrypai funkcijos prieš (a) ir po (b) adaptacijos. Prieš adaptaciją tiesė, kurios pakrypa yra $18,5^\circ$ ($I_{\varphi=18,5^\circ}$) maksimaliai sužadina 15 detektorių (šio detektoriaus jautrio funkcija pavaizduota stora juoda linija). Adaptacijos metu detektorių jautrio funkcijos mažėja ir mažėjimas tuo didesnis kuo daugiau ši tiesė sužadina detektorių, t.y. kuo mažiau detektorių optimalus pakrypa skiriasi nuo adaptuojančios tiesės ($I_{\varphi=18,5^\circ}$). Detektorių pakitusios jautrio funkcijos parodytos paveikslo apačioje (b).

Kaip jau minėjome, tiesės, kontūro pakrypa nusakoma pakrypos neuronais arba kitaip tariant detektoriais, kurių atsakas yra maksimalus arba kuriam tiesės pakrypa yra optimali.

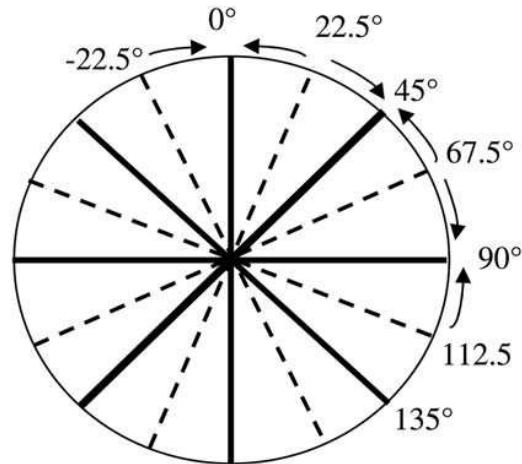
2.2.2. Vektorinio modelio savybės

Vektoriniame modelyje tiesės pakrypa koduojama vektoriaus kryptimi arba jo komponentių santykiu. Dviejų neuronų atsakai nusako vektoriaus komponentes. Manoma, kad adaptacijos metu mažėja detektoriaus jautrumas ir dėl to mažėja atsakas. Jeigu adaptacijos metu atsakų santykis nekinta, tai neturėtų kisti suvokiama ir tiesės pakrypa. Kitais atvejais suvokiama pakrypa turėtų kisti. Yra du atvejai, kai vektoriaus orientacija nekinta:

- kai abiejų detektorių atsakai absoliutiniu dydžiu yra vienodi, t.y. kai $|\sin \lambda(\varphi + \theta)| = |\cos \lambda(\varphi + \theta)|$.
- kai stimulus nesužadina vieno iš detektorių, t.y. : arba $\sin \lambda(\varphi + \theta) = 0$, ir $\cos \lambda(\varphi + \theta) \neq 0$ arba $\cos \lambda(\varphi + \theta) = 0$, ir $\sin \lambda(\varphi + \theta) \neq 0$.

Pagal siūlomą modelį konstantos yra $\lambda=2$, o $\theta=22,5^\circ$ (šią prielaidą panagrinėsime vėliau, tačiau jau dabar galima teigti, kad ji neprieštaruja eksperimentiniams duomenimis).

2.6 paveiksle schematiškai pateikta, kokių tiesių pakrypų suvokimas adaptacijos metu turėtų keisti ir kaip.



2.6 pav. Adaptacijos įtaka pakrypų suvokimui. Adaptacijos metu aštuonių pakrypų, pavaizduotų ištisinėmis linijomis, suvokimas neturėtų kisti. Pakrypos 0°, 45°, 90° ir 135° pažymėtos ištisinėmis storomis linijomis, pakrypos $\pm 22,5^\circ$, 67,5° ir 112,5° pažymėtos punktyrinėmis linijomis. Rodyklės žymi kryptis, kaip turėtų keistis suvokiama tiesių pakrypa adaptacijos metu.

2.6 paveiksle ištisinėmis ir punktyrinėmis linijomis pavaizduotos tiesių pakrypos. Adaptacijos metu ištisinėmis linijomis pažymėtų pakrypų suvokimas neturėtų kisti. Punktyrinėmis linijomis pažymėtos pakrypos adaptacijos metu teoriškai neturėtų taip pat kisti. Tačiau mažiausi galvos, akių orientacijos pokyčiai pasuks šias tieses arba prieš arba pagal laikrodžio rodyklę. Dėl to jų pakrypa turėtų kisti – suvokiamos pakrypos kis kaip pažymėta rodyklėmis – suksis link artimiausių pakrypų, kurios pažymėtos ištisinėmis tiesėmis. Šios vektorinio modelio savybės skiriasi nuo analoginių pirmo modelio savybių. Be to, toks normalizacijos efektas yra nežinomas, nes tai nebuvo tiriama.

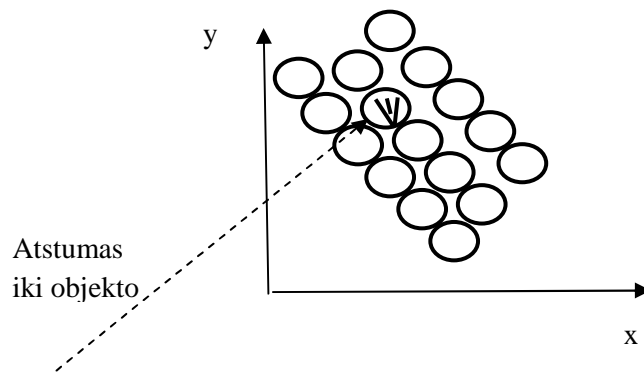
Dabar galima panagrinėti, kaip vektorinis modelis aiškina TAE efektą ir kokios yra šio efekto savybės. TAE reiškinys atsiranda todėl, kad adaptacijos

metu sukelti dviejų minėtų neuronų jautrio pokyčiai po adaptacinio stimulo išjungimo iš karto neišnyksta. Dėl to, prieš ir po adaptacijos ta pati tiesė sužadins detektorius kitaip ir suvokiama tiesės pakrypa bus irgi skirtinga. Jeigu adaptacijos metu abiejų detektorių jautrio funkcijos kinta vienodai, tai tokia adaptacija neturėtų įtakoti vėliau pateiktos tiesės suvokiamos pakrypos. Tiesės, kurių pakrypa būtų lygi $22,5^\circ$ ir $67,5^\circ$ neturėtų įtakoti kitų tiesių suvokiamos pakrypos. Šitas TAE efektas skiriasi nuo pirmo modelio įžvalgų, ir ši TAE savybė iki šiol yra nežinoma. Taigi šios įžvalgos patikra yra antras planuojamų psichofizikinių tyrimų uždavinys.

2.3. Vaizdo elementų padėties erdvėje kodavimas

Norint suvokti mus supančią aplinką neužtenka įvertinti atskiro vaizdo fragmento požymius. Visi vaizdo fragmentai yra išsidėstę erdvėje, todėl būtina įvertinti tiek vaizdo fragmentų tarpusavio padėtį erdvėje, tiek atstumą nuo stebėtojo iki vaizdo fragmento. Kitaip tariant, reikia žinoti erdvines koordinates, kur yra mūsų nagrinėjamas vaizdo fragmentas. Kiekvieno objekto erdvėje vietą galima nusakyti trimis koordinatėmis – dvi kryptys ir atstumas iki objekto (2.5 pav.) Šiuos erdvinius parametrus galima nustatyti, kai yra žinome objekto atvaizdo koordinates kiekvienoje akies tinklainėje. Kyla klausimas, kaip regos sistema nustato šias koordinates ir koks yra ryšys tarp fizinių ir suvokiamų koordinatinių. Objekto padėtis erdvėje koduojama trimis parametrais (2.7 pav.) – du kodavimo parametrai nurodo kryptį² (paralaksas) (x ir y koordinatės), trečiasis parametras nurodo atstumą iki objekto (disparatiškumą).

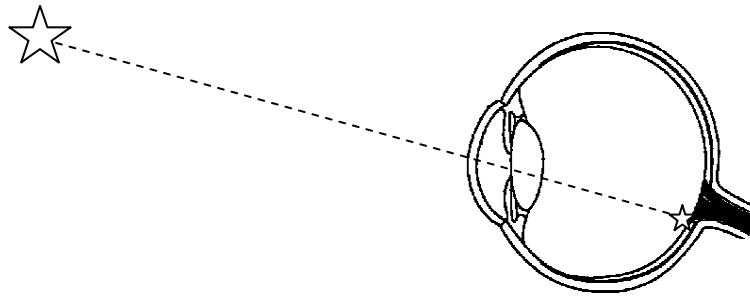
² Stimulo atvaizdas projektuojasi abiejų akių tinklainėse, ir jei stimulus nėra ant horopterio (Vieth-Mulerio apskritimo), regimieji kampai, kuriais matomas objektas, kairėje ir dešinėje akyse skiriasi. Tiksliai objekto kryptis nustatoma skaičiuojant kairės ir dešinės akies kampų (kuriais matomas objektas) vidurkiu. Nuotolis arba gylis šių kampų skirtumu: toks kampų skirtumas vadinamas *disparatiškumu*.



2.7 pav. Vaizdo fragmento (skritulio su trimis orientacijomis) nustatymas erdvėje. Ištisinėmis rodyklėmis pažymėtos x ir y koordinatės (kuriomis nurodomos objekto kryptys erdvėje), punktyrine linija pažymėta atstumas iki fragmento.

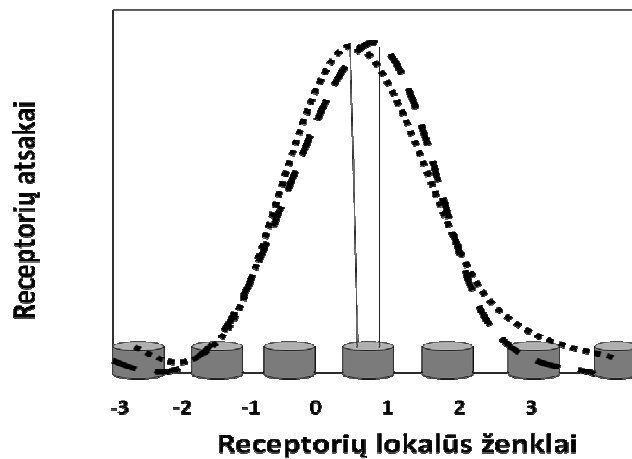
Esant tam tikram fiksacijos taškui, aplinkos vaizdo mažas plotelis projektuojasi į akies tinklainę. Taigi prieš pradedant mažo plotelio analizę reikia išsiaiškinti, kur akies tinklainėje projektuojasi plotelis ir kurį vaizdą aplinkoje atitinka konkretus mažo plotelio atvaizdas akies tinklainėje. Heringas teigė, kad kiekvienas akies receptorių turi lokalų ženklą, t.y. išvedus tiesę per du taškus (receptorių ir akies optinį centrą) gausime kryptį erdvėje, t.y. kokioje kryptyje yra objektas erdvėje (lokalaus ženklo teorija, 2.6 pav.) (Ono, 1979).

Nors lokalaus ženklo teorija patraukli savo paprastumu, tačiau ji turi trūkumų. Vienas iš lokalaus ženklo teorijos trūkumas yra tai, kad žinant receptorių, į kurį projektuojasi stimulus, ne visada tik pagal lokalų ženklą galima pasakyti, kur erdvėje yra stimulus. Iš 2.8 paveikslo matome, kad stimulus galėtų būti bet kurioje erdvės vietoje, esančioje ant punktyrinės tiesės.



2. 8 pav. Lokalus ženklas. Punktyrinė tiesė nurodo objekto matymo kryptį.

Be to, ši teorija galėtų įvertinti tik tuos stimulų poslinkius erdvėje, kai objekto atvaizdas tinklainėje peršoka nuo vieno receptoriaus į kitą. Tyrimais (Klein, Levi, 1985) įrodyta, kad žmogus suvokia stimulo poslinkį erdvėje, net tuomet kai jo atvaizdas pasislenka per vieno receptoriaus dalį (1/5) (2.9 pav.). Toks reiškinys vadinamas hiperaštrumu (hiperjautrumu) ir jo negali paaiškinti lokalaus ženklo teorija.



2.9 pav. Hiperaštrumo problema. Punktyrinė ir taškelių kreivės žymi šviesos pasiskirstymą akies tinklainės plotelyje prieš ir po stimulo postūmio erdvėje ir priklausomai nuo šviesos pasiskirstymo – receptorių atsakus. Cilindrais pažymėti receptoriai. Dvi vertikalios tiesės žymi šviesos pasiskirstymo maksimumą prieš ir po stimulo pokyčio erdvėje.

Kyla klausimas, kaip galėtume paaiškinti hiperaštrumą. Be lokalaus ženklų teorijos, kitas modelis, kuris galėtų paaiškinti hiperaštrumą, yra paremtas centroidų (apšvietos svorio centro) skaičiavimais (Bishop, 1973, 1989; Bishop, Pettigrew, 1986; Poggio, 1984; Watt ir kt., 1983; Watt, Morgan, 1983, 1984, 1985, Bulatov et al, 2011). Žinoma, kad pavieniai taškiniai objektai sukuria ant tinklainės dalinai išfokusuotą vaizdą – šviesos pasiskirstymas bus varpo formos (2.9 pav.). Taigi šiuo atveju stimulus apšviestų kelis receptorius, nors kiekvieno receptoriaus apšvieta bendru atveju būtų skirtinga. Pagal Heringą iš diskrečių receptorių atsakų regos sistema gali įvertinti, kokia yra tokio apšvietimo svorio centro padėtis (arba centroidas) ant tinklainės:

$$l_x = \frac{\sum I_x x}{I}$$

čia l_x apšvietos svorio centro padėtis,

I_x receptoriaus taške x atsakas,

I visų receptorių atsakų suma: $I = \sum_x I_x$.

X - receptorių koordinatės, arba lokalūs ženklai.

Nežymiai pakeitus objekto padėtį erdvėje, pakinta ir jo atvaizdas tinklainėje. Nors pokyčiai atskirų receptorių atsakų (I_x) nežymūs, bet jų visuma leidžia įvertinti apšvietimo centro (arba svorio centro) poslinkius tinklainėje.

Pasiūlytas bendras centroido modelis, kuris aiškina, kaip vyksta stimulo įvertinimas erdvėje. Modelį sudaro daugybė lygiagrečiai funkcionuojančių binokulinių kanalų. Kiekvienas kanalas gauna informaciją iš dviejų monokulinių receptinių laukų (RL), kurių vienas yra kairės akies tinklainėje, o antras – dešinės. Tegul to paties objekto atvaizdai yra minėtuose monokuliniuose RL. Modelis yra dviejų pakopų. Pradžioje nustatoma apšvietimo svorio centro padėtis kiekviename iš monokulinių RL, o paskui, sudarius binokulines poras,

skaičiuojama jo padėtis trimatėje erdvėje. Taigi po tokio skaičiavimo iš dviejų plokščių vaizdų atkuriamas diskretus - mozaikinis objekto trimatis vaizdas (Vaitkevičius, 2002).

Kyla klausimas, ar centroidinis modelis gali paaiškinti stebimą hiperaštrumo reiškinį ir su juo glaudžiai susijusį vadinamąjį „gylio vidurkinimo efektą“. Šio reiškinio esmė tokia: jeigu turime du mažai vienas nuo kito nutolusius objektus (jeigu jie patenka į vieną ir tą patį receptinį lauką), tai jų suvokiamas nuotolis iki fiksacijos taško yra jų fizinių nuotolių iki fiksacijos taško svertinas vidurkis. Kuo didesnis stimulo ryškis tuo didesnė jo įtaka suvokiam gyliui. Keičiant stimulų tarpusavio ryškius, suvokiamas gylis kinta, nors stimulų padėtis ant tinklainės nesikeis (Parker, Yang, 1989; Petrauskas ir kt., 1991; Westheimer, Levi, 1987).

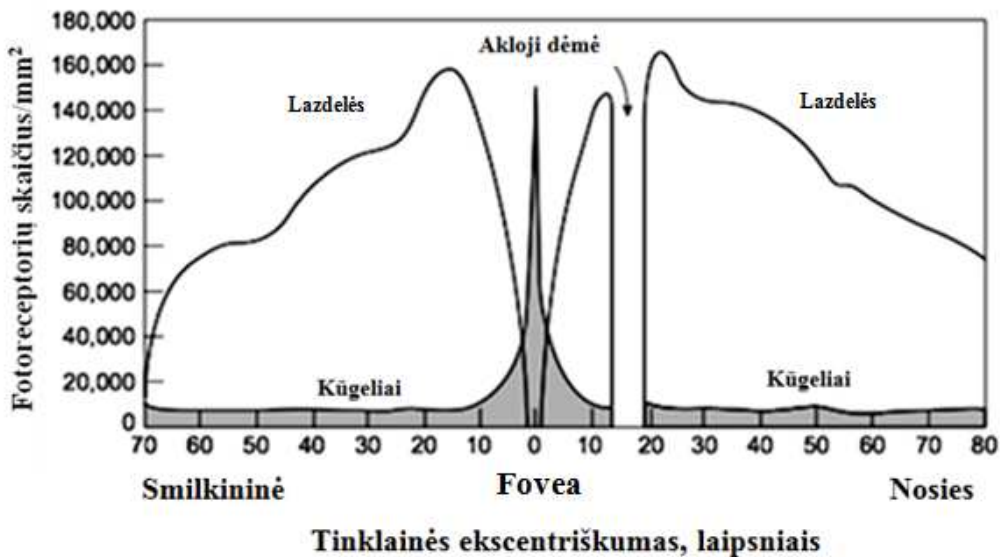
2.4. Atstumo tarp dviejų taškų įvertinimas

Dar vienas labai svarbus klausimas, kaip galime išmatuoti ir įvertinti atstumą tarp dviejų taškų, kitaip tariant, kaip galima nustatyti stimulo dydį ar ilgį. Žinoma, kad suvokiamas objekto dydis skiriasi nuo fizinio, priklausomai nuo to, kurioje regimojo lauko dalyje jis yra. Objektai, kurie projektuojasi į centrinę akies tinklainės dalį yra suvokiami didesni, tuo tarpu objektai, kurie projektuojasi į periferinę akies tinklainės dalį yra suvokiami mažesni, nei yra iš tikrųjų. Šis reiškinys yra žinomas. Piaget (1978) šį reiškinį pavadino centravimu. Piaget (1978) teigė, kad į centrinę dalį patenkantys objektai taip pat yra dėmesio centre, kadangi į šiuos objektus žmogus sutelkia dėmesį, dėl šios priežasties jie yra išdidinami. Tuo tarpu objektai, kurie projektuojasi į periferiją nėra dėmesio centre, todėl tie objektai yra sumažinami.

Žinoma, kad dėmesys gali turėti įtakos stimulo dydžio suvokimui. Nustatyta, kad dėl dėmesio keičiasi RL dydis. Taip pat dėmesio centre esantys objektai yra suvokiami didesni. Kitaip tariant dėl dėmesio koncentracijos yra iškraipoma regimoji erdvė (Suzuki, Cavanagh, 1997). Toba ir kt (2011) atliko tyrimą, kurio metu tyrė, kaip žmonės suvokia horizontalios atkarpos vidurį

manipuliuojant dėmesio koncentracijos vieta. Nustatė, kad dėmesys įtakoja horizontalios atkarpos vidurio suvokimą.

Kiti autoriai (Anderson ir kt., 2004, Johnston, 1986, 1989, Virsu, Hari 1996) minėtą netolygų dydžio suvokimą aiškina, jog informacijos perdavimas iš tinklainės į smegenis priklauso nuo receptorių skaičiaus akies tinklainėje. Teigiama, kad į vienodus smegenų žievės plotelius yra siunčiama informacija iš vienodo akies tinklainės receptorių skaičiaus. Yra žinoma, kad akies tinklainėje receptorių tankis yra nevienodas – centrinėje (fovea) dalyje jis yra didžiausias, o kuo toliau į periferiją jis mažėja (2.8 pav.).



2.8 pav. Receptorių tankio pasiskirstymas akies tinklainėje (Lindsay, Norman, cit. pgl. Johnston, 2010).

Kadangi informacija į smegenų žievės plotelį keliauja iš to paties receptorių skaičiaus, tai centrinėje akies tinklainės dalyje dėl didelio receptorių skaičiaus į vieną kvadratinį ploto vienetą toje vietoje informacija bus siunčiama iš mažų plotelių. Taigi siunčiama informacija užims didelį plotą smegenų žievėje. O tuo tarpu iš periferijos informacija siunčiama iš didesnių plotelių, dėl gerokai mažesnio akies tinklainės receptorių skaičiaus į vieną kvadratinį ploto vienetą šioje vietoje. Iš periferijos siunčiama informacija

užims mažesnę smegenų plotą. Toks reiškinys vadinamas žieviniu didinimo veiksniumi (*eng. Cortical magnification factor*).

Žievinis didinimo veiksnys, yra skaičius, kuris rodo, į kokią žievės plotelio dydį atvaizduojamas tinklainės plotelio vienetą. Jis užrašomas tokia formule:

$$M_{\text{žievėi}}(\theta) = \frac{M(O)}{1 + \frac{E}{E_2}} = \frac{k}{\theta + a};$$

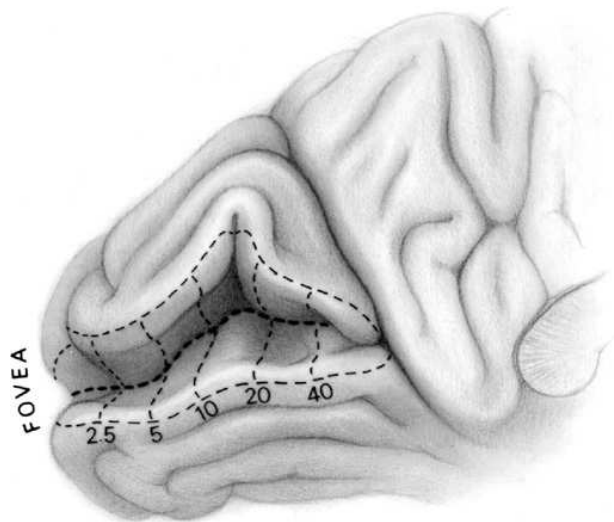
k ir $a = E_2$ - konstantos;

$M(O)$ - didinimo faktorius akies tinklainės centrinei daliai;

E_2 - tinklainės srities padėtis (apibūdinama matymo kampu arba lokaliu ženklu), kur didinimo faktorius yra du kartus mažesnis už didinimą regos centre;

E - tinklainės padėtis, kur skaičiuojamas didėjimo faktorius (apibūdinama matymo kampas (θ) arba lokaliu ženklu (principine matymo kryptimi) (cituojama pagal Vaitkevičius, 2002).

Daroma prielaida, kad vienodi atstumai tarp smegenų žievės taškų yra suvokiami vienodai, o informacija į smegenų žievės mažą plotelį siunčiama iš vienodo skaičiaus receptorių akies tinklainėje. Kadangi akies tinklainės centrinėje dalyje receptorių tankis yra didelis, tai siunčiama informacija smegenų žievėje užims didelį plotą, o tuo tarpu akies tinklainės periferijoje receptorių tankis yra mažas, tai ir siunčiama informacija smegenų žievėje užims nedidelį plotelį. Netolygus informacijos iš akies tinklainės atvaizdavimas pirminėje regos žievėje yra žinomas (2.9 pav.).



2.9 pav. Regimojo lauko ekscentriškumo žemėlapis pirminėje regos žievėje V1 (Horton, Hoyt, cit. pgl. Wandell, Winawer, 2011).

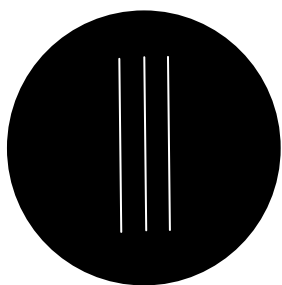
Tokiu būdu aiškinamas objektų subjektyvus išdidinimas: objektai, kurie projektuojasi į akies tinklainės centrinę dalį suvokiami didesni, negu objektai, kurie projektuojasi į akies tinklainės periferiją. Tačiau, kaip minėjome, ŽDV nekalbama apie netolyginį receptorių kitimą akies tinklainėje ir jis tinka, kai kalbama apie centrinę tinklainės dalį. Taip pat nekalbama apie skirtingus receptorius akies tinklainėje (kūgelius ir lazdeles), kurių tankių kitimo priklausomybės nuo akies tinklainės ekscentriškumo taip pat skiriasi. Kūgelių tankis fovea yra maksimalus, einant į periferiją labai greitai mažėja, kol jų beveik nelieka. Tuo tarpu lazdelių fovea nėra, už fovea lazdelių tankis didėja, maksimumą pasiekia apie 15-20 laipsnių, einant dar toliau į periferiją lazdelių tankis mažėja (2.8 pav.). Taigi ir bendras receptorių skaičius akies tinklainėje kinta netolygiai. Todėl kyla klausimas, pagal kokius receptorius – kūgelius ar lazdeles, o gal bendrą jų tankį skaičiuojamas žievės didinimo veiksnys?

3. METODIKA

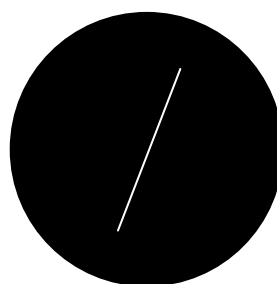
3.1. Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: liekamasis adaptacijos poveikio efektas

Tiriamieji. Tyrime dalyvavo 3 tiriamieji – du vyrai ir viena moteris. Tiriamųjų regėjimas normalus arba koreguotas iki normalaus, jie neturėjo astigmatizmo. Visi tiriamieji turėjo patirties panašaus pobūdžio tyrimuose. Paaiškinus tyrimo esmę buvo gautas tiriamųjų sutikimas dalyvauti tyrime.

Tyrimo priemonės ir stimulai. Visual Basic buvo sukurta speciali programa, kuri kompiuterio vaizduoklio ekrane pateikdavo stimulus. Stimulai buvo dviejų rūšių – adaptacinės ir testinės tiesės. Stimulai buvo rodomi toje pačioje regimosios erdvės vietoje tačiau skirtingu metu. Adaptacinės tiesės buvo trys lygiagrečios tiesės, kurių ilgis 2° regimojo kampo, storis $0,1^\circ$, atstumas tarp tiesių 15 min. (3. 1. pav. a). Adaptacinių tiesių pakrypos: $\varphi_a = \varphi_t + 0^\circ$, $\varphi_t \pm 10^\circ$, $\varphi_t + 22.5^\circ$, $\varphi_t + 35^\circ$, $\varphi_t + 45^\circ$ ir $\varphi_t + 67^\circ$, kur φ_t yra testinės tiesės pakrypa. Adaptacinės ir testinės tiesės pateikiamos vaizduoklio ekrano centre.



a) Adaptacinės tiesės



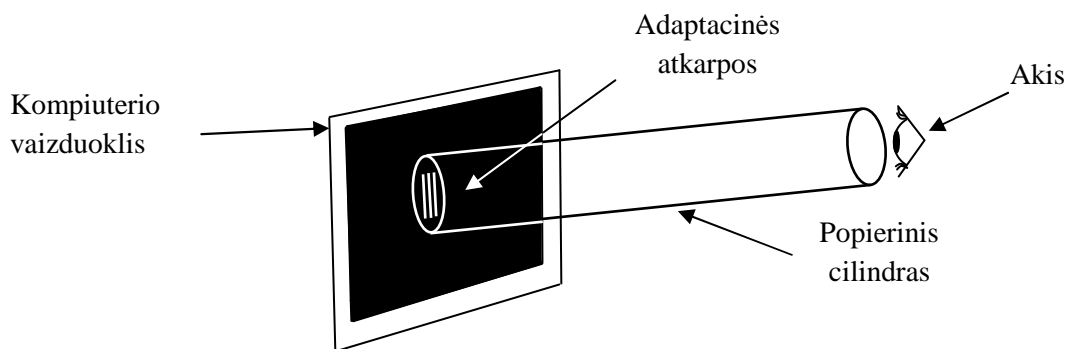
b) Testinė tiesė, kurios posūkį reikia įvertinti

3.1. pav. Vaizdai, kuriuos tiriamasis mato bandymo metu

Po adaptacinių tiesių pateikiama viena testinė tiesė (3.1. pav. b), kurios polinkį reikia vertinti. Testinės tiesės ilgis, storis buvo lygiai toks pats kaip ir adaptacinių tiesių. Testinės tiesės pakrypa φ buvo keičiama $0,5^\circ$ žingsniu intervale $\varphi_t - 0,5^\circ \leq \varphi \leq \varphi_t + 0,5^\circ$, kur n buvo parenkama atsitiktinai nuo 0 iki 10, o

$\varphi_t = 0^\circ, 22,5^\circ$ ir 45° . Taigi iš viso testinių tiesių prie vienos adaptacinių tiesių pakrypos buvo parodoma 21.

Tyrimo eiga. Prieš tyrimą tiriamieji buvo supažindinami su tyrimo eiga, paaiškinami kilę neaiškumai. Kadangi tyrimas buvo atliekamas tamsioje patalpoje, prieš tyrimą visi tiriamieji 15 minučių adaptuodavosi prie tamsos. Tiriamiesiems buvo uždengiama viena akis, specialiu stovu įtvirtinama galva, kad bandymo metu ne tik nekistų atstumas iki kompiuterio Philips 201CS vaizduoklio (CRT) ekrano (tuo pačiu nesikeistų ir stimulų dydis regimuoju kampu), bet ir nesąmoningai nepakreiptų galvos į šoną. Kompiuterio vaizduoklio ekranas popieriniu cilindru buvo uždengtas taip, kad tiriamasis nematytų kompiuterio vaizduoklio kraštų, pagal kuriuos jis galėtų tiksliau nustatyti jam pateikiamų tiesių polinkį (tarp tiriamojo akių ir kompiuterio vaizduoklio įtvirtinamas popierinis cilindras leidžiantis matyti tik stimulus, tačiau nei aplinkos, nei vaizduoklio ekrano kraštų tiriamasis nematė (3.2. pav.). Cilindras aplinkinį vaizdą apribodavo taip, kad tiriamieji stimulus matė skritulio formos aplinkoje (3.1. pav.)). Regimojo lauko, matomo pro cilindrą, skersmuo – 20° .

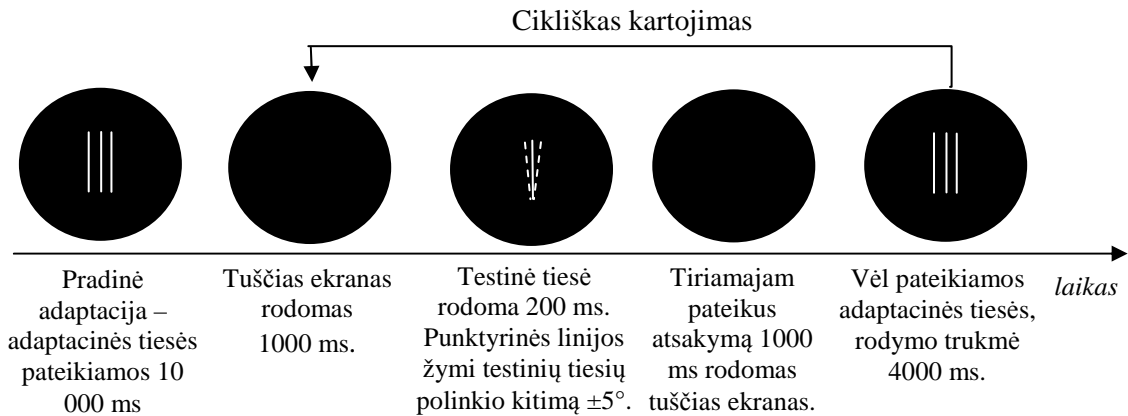


3.2. pav. Tyrimo priemonių išdėstymo schema. Tyrimo metu, kaip pavaizduota schemeje, vienas popierinio cilindro galas buvo priglaustas prie kompiuterio vaizduoklio ekrano taip, kad pateikiami stimuli buvo pro popierinį cilindrą matomo ekrano centre. Prie kito popierinio cilindro galo buvo prigludžiama galva, kad tiriamasis viena akimi matytų

stimulus, tačiau nematytų jokio kito jį supančio vaizdo (schemoje dėl aiškumo akis pavaizduota truputį toliau nei popierinio cilindro galas).

Po adaptacijos prie tamsos tiriamajam vaizduoklio ekrano centre buvo pateikiami stimulai.

Stimulų pateikimo tvarka pavaizduota 3. 3. paveiksle.



3. 3. pav. Stimulų pateikimo tvarka tiriant liekamąjį adaptacijos poveikį bandymo metu.

Pradėjus bandymą pirmas adaptacinių tiesių pateikimo laikas buvo ilgesnis – 10 sekundžių. Tiriamasis į adaptacines tieses turėjo žiūrėti nenukreipdamas žvilgsnio. Kai adaptacinės tiesės išjungiamos, 1000 milisekundžių tiriamasis matydavo tuščią ekraną. Tada toje pačioje regimosios erdvės vietoje, kur buvo adaptacinės tiesės, pateikiama testinė tiesė, kuri rodoma 200 milisekundžių, o paskui išjungiamą. Po testinės tiesės pateikimo tiriamasis turėjo pateikti atsakymą (two-force choice metodas) prieš ar pagal laikrodžio rodyklę pasvirusi testinė tiesė. Prieš bandymą tiriamasis žinojo, kokios pakrypos testinę tiesę turės vertinti.

- Tiriamasis nuspausdamas kairį pelės klavišą teigia, kad tiesė yra pasvirusi prieš laikrodžio rodyklę;
- Tiriamasis paspausdamas dešinį pelės klavišą teigia, kad tiesė yra pasukta pagal laikrodžio rodyklę nuo tyrinėjamos.

Tiriamasis prieš bandymą yra informuojamas, su kokia tiesės pakrypa turės lyginti testinę tiesę. Su viena pakrypa, pagal kurią vertinama testinės tiesės pakrypa vienu metu atliekama bandymas, kurio metu įvertinama 21 testinės tiesės pakrypos (testinės tiesės pakrypa keičiama ± 5 laipsniai nuo vertinamos tiesės pakrypos su 0,5 laipsnio žingsniu). Su kiekviena vertinamos tiesės pakrypa pokyčiu kiekvienas tiriamasis atliko po 15-20 bandymų.

Po tiriamojo atsakymo pateikiamas tuščias ekranas 1000 ms. Tada vėl įjungiamos adaptacinės tiesės, tik dabar jos pateikiamos trumpiau – 4 sekundes. Vėl tiriamasis mato stimulus tokia tvarka – adaptacinės tiesės, testinė tiesė, po tiriamojo atsakymo vėl pateikiamos adaptacinės ir taip toliau. Pirminė adaptacija truko 10 sekundžių. Visos kitos adaptacijos truko po 4 sekundes. Toliau stimulų pateikimo tvarka kartojasi (3.3. pav.)

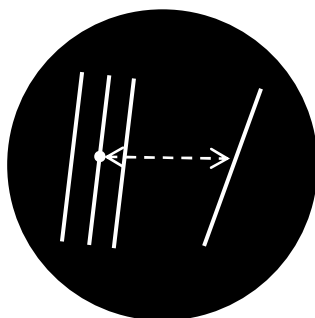
Duomenų tvarkymas. Gauti dichotominiai rezultatai – tiriamojo atsakymai prieš ar pagal laikrodžio rodyklę pasukta testinė tiesė. Buvo paskaičiuotas atsakymų, jog testinė tiesė pasisukusi pagal laikrodžio rodyklę, dažnis ir nubraižytos psichometrinės kreivės. Šio eksperimento metu buvo siekiama nustatyti maksimalų TAE iš psichometrinių kreivių. Iš psichometrinių kreivių paskaičiavome, kiek kito pateiktos testinės tiesės su tam tikra fizine pakrypa φ_t suvokiama pakrypa po adaptacijos prie tam tikros pakrypos adaptacinių tiesių. Maksimali TAE vertė $\Delta\varphi_{alt}$ duotai testinės tiesės pakrypai φ_t buvo nustatyta prie 5-7 adaptacinių tiesių pakrypų.

3.2. Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: normalizacijos efektas

Tiriamieji. Tyrime dalyvavo 5 tiriamieji, amžiaus intervalas 25-60 metų. Tiriamųjų regėjimas normalus arba koreguotas iki normalaus, jie neturėjo astigmatizmo. Trys tiriamieji nežinojo tyrimo tikslų. Visi tiriamieji turėjo patirties panašaus pobūdžio tyrimuose ir buvo motyvuoti atlikti tyrimą. Paaiškinus tyrimo esmę buvo gautas tiriamųjų sutikimas dalyvauti tyrime.

Stimulai. Stimulai buvo pateikti kompiuterio Philips 201CS vaizduoklio ekrane (rezoliucija 1600x1280), atnaujinimo dažnis 75Hz. Stimulai buvo pateikiami tuščiame ekrane skaistis 80 cd/m². Į stimulus tiriamieji žiūrėjo viena akimi per popierinį cilindrą 1 m atstumu nuo ekrano, jiems buvo įtvirtinta galva, kad nejudėtų. Regimojo lauko, matomo pro cilindrą, skersmuo – 20°. Tiriamiesiems buvo pateikiama adaptacinės ir testinės tiesės (3.4. pav.).

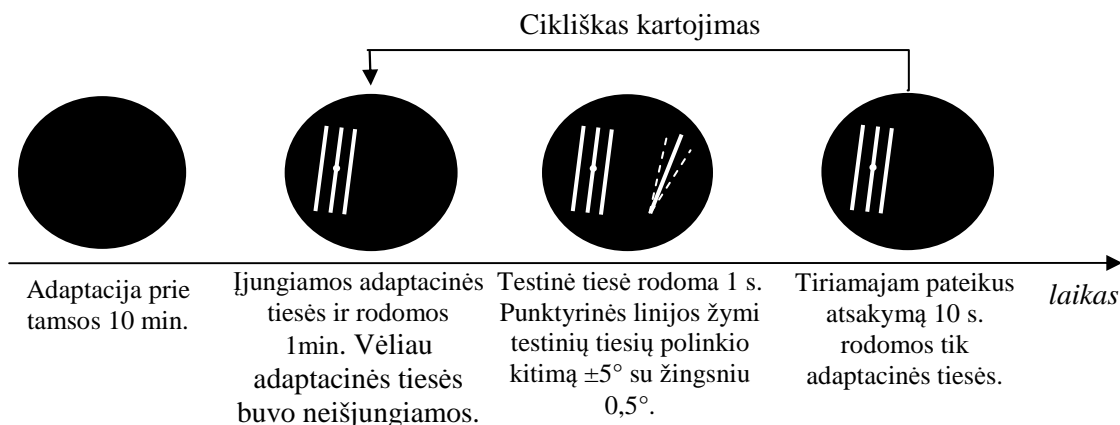
Kadangi pateikiant stimulus toje pačioje erdvės vietoje dėl adaptacijos keičiasi suvokiama tiesės pakrypa, todėl adaptacinės ir testinės tiesės buvo pateiktos skirtingose erdvės vietose. Atstumas tarp jų buvo 6° regimojo kampo (3.4 paveiksle atstumas tarp adaptacinių tiesių ir testinės tiesės pažymėtas punktyrine linija).



3.4. pav. Stimulai, kuriuos tiriamasis mato bandymo metu. Kairėje pusėje pavaizduotos trys adaptacinės tiesės su fiksacijos tašku ant vidurinėsios adaptacinės tiesės. Dešinėje pavaizduota testinė tiesė. Punktyrinė rodyklė žymi atstumą tarp adaptacinių ir testinės tiesės.

Trys adaptacinės tiesės, kurių ilgis 2°, tiesių storis 0,1°, atstumas tarp adaptacinių tiesių 15 min. Adaptacinių tiesių pakrypos $\varphi_a = -10^\circ, 10^\circ, 35^\circ, 55^\circ, 80^\circ$. Testinių tiesių pakrypos kito atsitiktinai $\Delta\varphi = 0,5n$ (laipsniais), kur n buvo atsitiktinai parenkamas skaičius intervale nuo -10 iki 10. Iš viso buvo generuojama 21 testinių tiesių pakrypa. Pakrypos kampas gali būti išreikštas $\varphi = \varphi_a + \Delta\varphi$ (t.y. $\varphi_a - 5^\circ \leq \varphi_a + 5^\circ$).

Tyrimo eiga. Stimulų pateikimo tvarka pavaizduota 3.5 pav.



3.5 pav. Stimulų pateikimo normalizacijos tyrimo bandymo metu.

Kiekvienas bandymas prasidėdavo 10 min. adaptacija prie tamsos. Tuomet buvo įjungiamos adaptacinės tiesės, kurios nebuvo išjungiamos viso bandymo metu. Tiriamasis 1 min. matė tik adaptacines tieses ir turėjo žiūrėti į ant vidurinės adaptacinės tiesės pažymėtą fiksacijos taškelį. Tada trumpam (1 s.) buvo įjungiamas testinė tiesė. Tiriamasis turėjo įvertinti, ar testinės tiesės pakrypa pasisukusi prieš ar pagal laikrodžio rodyklę lyginant su adaptacinėms tiesėms (dviejų pasirinkimų priverstinio atsako (angl. *Two force choice*) metodas). Nors tiriamiesiems atsakymo laikas nebuvo ribojamas, tačiau jie buvo skatinami atsakymą pateikti kuo greičiau. Po tiriamojo atsakymo sekė pakartotinė adaptacija 10 sekundžių, kai buvo matomos tik adaptacinės tiesės.

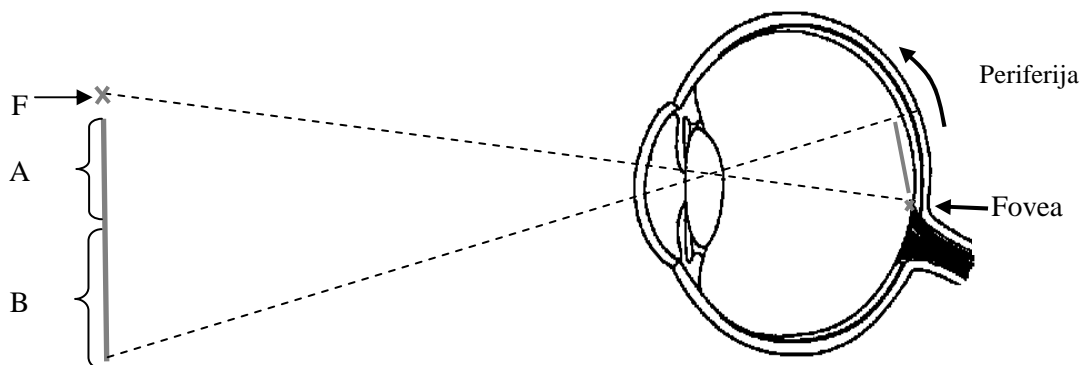
Duomenų tvarkymas. Šio tyrimo metu buvo siekiama nustatyti tik suvokiamos tiesės pakrypos pokyčio kryptį, todėl nebuvo brėžiamos psichometrinės kreivės. Buvo naudotas paprastesnis ir jautresnis metodas nustatyti subjektyvius suvokiamos pakrypos krypties (bet ne dydžio) pokyčius. Buvo taikyti Kolmogorov-Smirnov ir Shapiro-Wilk kriterijus patikrinti, ar duomenys pasiskirstę pagal normalų skirstinį. Taip pat buvo taikyti neparametriniai kriterijai palyginti ir įvertinti adaptacijos įtaką suvokiant dvi tiesių pakrypų grupes. Vieną grupę sudarė -10° , 35° , 80° , antrą grupę sudarė 10° ir 55° pakrypų tiesės. Pirmos grupės tiesės turėtų būti suvokiamos

pasisukusios pagal laikrodžio rodyklę, todėl atsakymų, kad testinė tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę turėtų būti daugiau nei atsakymų, kad testinė tiesė pasukta prieš laikrodžio rodyklę.

3.3. Atkarpos ilgio suvokimo priklausomybė nuo jos projekcijos vietos akies tinklainėje

Tyrimo pagrindimas. Tyrimo metu buvo siekiama išsiaiškinti, ar skiriasi atkarpos ilgio suvokimas, kai atkarpos dalys projektuojasi skirtingose akies tinklainės vietose. Norint pasiekti išsikeltą tikslą buvo pasirinkti tokie stimulai – fiksacijos kryželis ir atkarpa. Kai tiriamasis fiksuodavo žvilgsnį į fiksacijos kryželį, buvo daroma prielaida, kad fiksacijos kryželio atvaizdas projektuojasi į centrinę akies tinklainės dalį. Taigi ir atkarpos dalies, esančios šalia fiksacijos kryželio, atvaizdas taip pat projektuosis į centrinę akies tinklainės dalį, o likusi atkarpos dalis – į akies tinklainės periferiją (kaip toli į periferiją, priklausau nuo atkarpos ilgio).

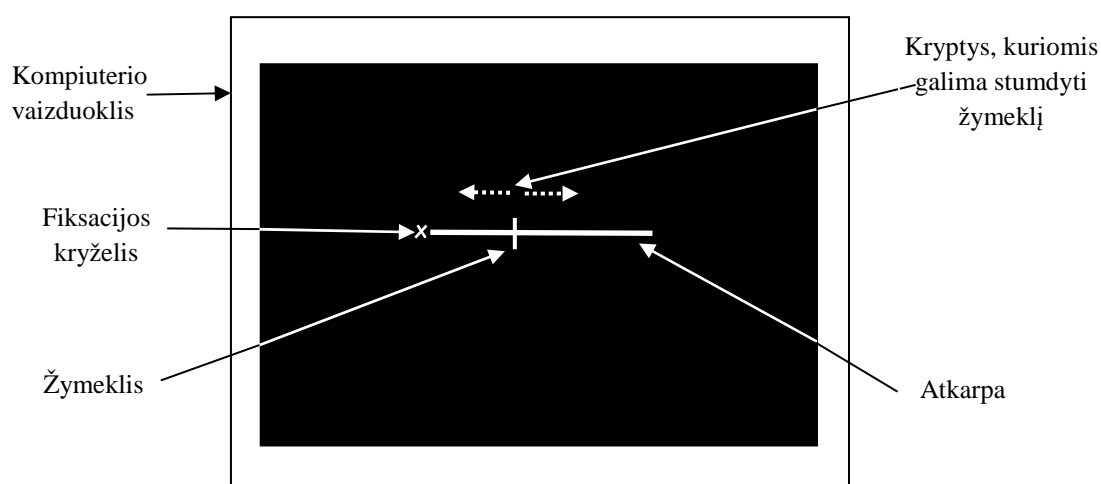
3.6. paveiksle pateikiamas horizontalus akies pjūvis. Eksperimento metu kompiuterio vaizduoklyje pateikiama horizontali atkarpa ir fiksacijos kryželis (F) (3.6. pav.). Fiksacijos kryželis (F) ir šalia jo esanti atkarpos dalis (A) projektuosis į centrinę akies tinklainės dalį, o likusi atkarpos dalis (B) projektuosis į periferinę akies tinklainės dalį.



3.6. pav. Atkarpos ir fiksacijos kryželio projekcijos į akies tinklainę.

Tiriamieji. Tyrime dalyvavo 30 psichologijos studentų, atrinkti proginės atrankos būdu, iš kurių 25 moterys ir 5 vyrai. Jie nežinojo apie tyrimo tikslus. Tiriamųjų regėjimas normalus arba pakoreguotas iki normalaus. Prieš kiekvieną bandymą tiriamieji buvo mokomi, bandymo metu stebimi, ar teisingai atlieka bandymą, buvo atsakoma į iškilusius klausimus.

Tyrimo priemonės ir stimulai. Visual Basic 4.0 buvo sukurta speciali programa, kuri kompiuterio vaizduoklio centre generuodavo žvilgsnio fiksacijos kryželį, horizontalią atkarpą (abu balti (D₆₅)) juodame fone ir žymeklį (3.7. pav.)



3.7. pav. Stimulų pateikimas kompiuterio vaizduoklyje.

Atkarpos buvo nustatytos penkių skirtingų ilgių: 5, 7, 10, 13, 15 laipsnių regimojo kampo (visiems tiriamiesiems, nepriklausomai nuo atstumo, kuriuo jie sėdėjo iki vaizduoklio ekrano). Atkarpų storis 5-10 min. Stimulų ryškumas 40-60 cd/m² (Michelson kontrastas³ apie 0,9). Fiksacijos kryželis buvo pateikiamas prie dešiniojo arba kairiojo atkarpos galo. Nustatant fiksacijos kryželio padėtį taip pat buvo atsižvelgta, kad dalinant ilgesnes atkarpas,

³ Michelson kontrastas apskaičiuotas pagal formulę: $\frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$, kur I_{\max} ir I_{\min} didžiausias ir mažiausias apšvietimas

atkarpos dalies, esančios toliau nuo fiksacijos kryželio, projekcija nepatektų į akląją dėmę⁴.

Tyrimo eiga. Prieš tyrimą tiriamiesiems buvo pateikiama instrukcija, paaiškinami kilę neaiškumai.

- Instrukcija. *„Atsisėskite patogiai taip, kad gerai matytumėte stimulus kompiuterio vaizduoklyje ir laisvai galėtumėte spausti klaviatūros klavišus. Visą laiką žiūrėkite į kryželį, stenkitės nenukreipti žvilgsnio į šalį. Žiūrėdami į kryželį klaviatūros rodyklių pagalba nustatykite žymeklį toje vietoje, kur jūsų manymu yra atkarpos vidurys. Kai jums atrodo, kad žymeklis yra atkarpos viduryje, žymeklio padėtį fiksukite klaviatūros „Enter“ klavišo paspaudimu. Visas kitas atkarpas padalinkite tokiu pat būdu. Jei pajusite nuovargį, kils kokie nors neaiškumai, iš karto praneškite“.*

Bandymas vyko prie dienos šviesos (patalpos apšvietimas 50-100 Lx). Prieš bandymą tiriamasis 15 min. adaptuodavosi patalpoje, kur vyko bandymas. Tiriamasis patogiai atsisėdavo priešais kompiuterio vaizduoklį taip, kad aiškiai matytų vaizduoklyje generuojamus stimulus. Buvo uždengiama viena akis, fiksuojama galvos padėtis. Jei tiriamasis bandymo metu pajusdavo nuovargį, jam tapdavo sunku išlaikyti žvilgsnį, iš karto buvo daromos pertraukos, kurios vykdavo toje pačioje patalpoje, todėl apšvietimo sąlygos nesikeitė ir papildomo laiko adaptacijai skirti nereikėjo.

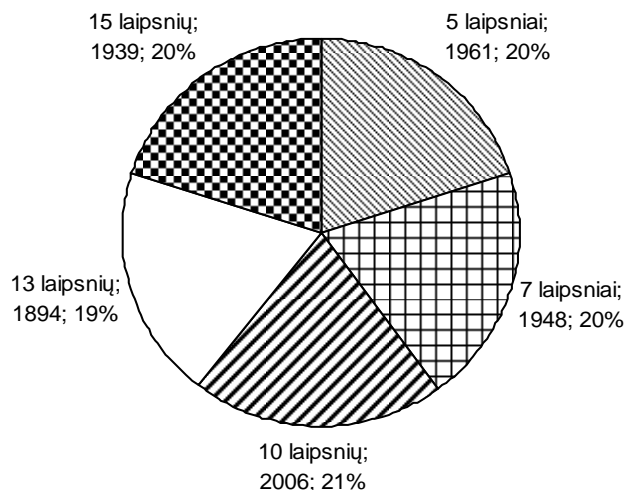
Tiriamasis turėjo nuolat fiksuoti žvilgsnį į kryželį, tuo pačiu metu klaviatūros rodyklių pagalba stumdyti žymeklį ir nustatyti jį taip, kad abi atkarpos dalis suvoktų vienodo ilgio (lygias). Savo atsakymą tiriamasis fiksuodavo klaviatūros klavišo paspaudimu. Tiriamasis apie padalinimo tikslumą nebuvo informuojamas. Iš karto po atkarpos padalinimo buvo pateikiama kita atkarpa. Kompiuterinėje programoje buvo nustatyta, kad

⁴ Akloji dėmė – kiekvienoje akyje esantis mažas ovalus plotelis, apie 2 mm skersmens, kur ganglijinės ląstelės iš vidinio tinklainės sluoksnio yra arčiausiai akies priekyje. Aklojoje dėmėje nėra fotoreceptorių ir todėl šia vieta regėjimas yra neįmanomas (Colman, 2006).

žymeklio pradinė padėtis kistų atsitiktinai su kiekvienu atkarpos pateikimu, siekiant išvengti tiriamojo išmokimo.

Pakartojimų skaičius. Viena bandymo serija su vieno ilgio atkarpa buvo laikoma serija, kurios metu tiriamasis atkarpa padalindavo 40 kartų. 5 tiriamieji su kiekviena atkarpa atliko po 4-7, 25 tiriamieji po vieną bandymų seriją. Kadangi iš viso yra 5 skirtingų ilgių atkarpos (5, 7, 10, 13, 15 laipsnių), tai kiekvienas iš 5 tiriamųjų iš viso atliko 800 – 1400 atkarpų dalinimų, 25 tiriamieji atliko po 200 atkarpų dalinimų. 5 tiriamieji dalyvavo ir kituose tyrimuose, todėl jų atliktų bandymų skaičius buvo didesnis.

3.8. paveiksle skritulinės diagramos pagalba vaizdžiai pateikiama, kiek iš viso buvo atlikta kiekvieno atkarpos ilgio (5, 7, 10, 13, 15 laipsnių) padalinimų ir kokią visų atliktų padalinimų dalį jie sudaro.



3.8. pav. Bendro atkarpos padalinimų skaičiaus pasiskirstymas pagal dalinamos atkarpos ilgį.

Matome, kad su skirtingo ilgio atkarpomis buvo atliktas beveik toks pats bandymų skaičius.

Duomenų tvarkymas. Gauti rezultatai buvo atkarpos dalių ilgiai pikseliais. Šie ilgiai buvo perskaičiuoti į kampinius ilgius. Paskaičiuotas atkarpos dalių vidurkis, sklaidos parametrai (standartinis nuokrypis, dispersija). Atkarpos padalinimo tikslumui įvertinti buvo paskaičiuotas atkarpos dalių

santykis dalinant atkarpos dalį, esančią prie fiksacijos taško iš likusios atkarpos dalies. Rezultatų normalumas įvertintas Kolmogorov-Smirnov kriterijaus pagalba. Skirtingų ilgių atkarpos dalių skirtumai lyginti Mann-Whitney U kriterijumi.

4. REZULTATAI

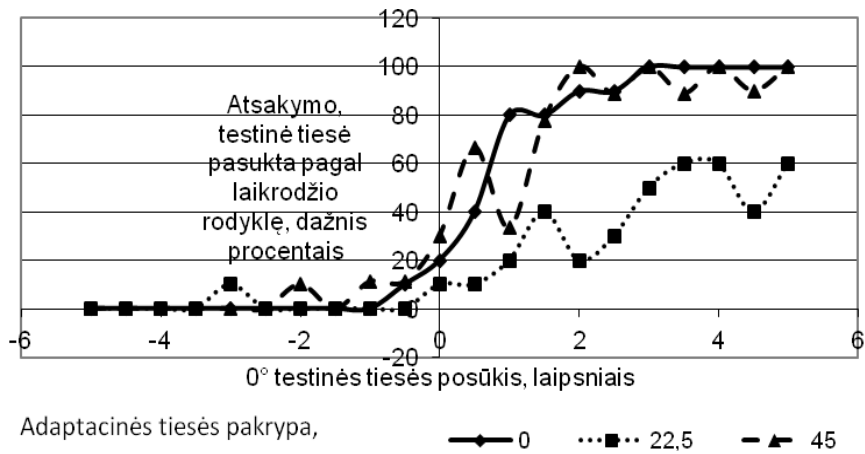
4.1. Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: liekamojo adaptacijos poveikio efektas

Tyrimo metu iš pradžių tiriamajam buvo pateikiama adaptacinės tiesės, po kurių trumpam įjungiamą testinę tiesę. Tiriamasis turėjo vertinti suvokiamą testinės tiesės pakrypą ir paspausdamas pelės mygtuką turėjo nurodyti, į kurią pusę – prieš ar pagal laikrodžio rodyklę, pasisukusi suvokiama testinės tiesės pakrypa. Tarpinio atsakymo varianto nebuvo (dviejų pasirinkimų priverstinio atsako metodas). Taigi visi tiriamųjų atsakymai buvo dvireikšmiai. Buvo paskaičiuota, koks atsakymo, kad testinė tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę, dažnis procentais. Kai kurie tiriamųjų rezultatai – šio dažnio priklausomybės kitimas nuo testinės tiesės pasukimo kampo, pateikti žemiau esančiuose paveiksluose (4.1. – 4. 3. pav.).

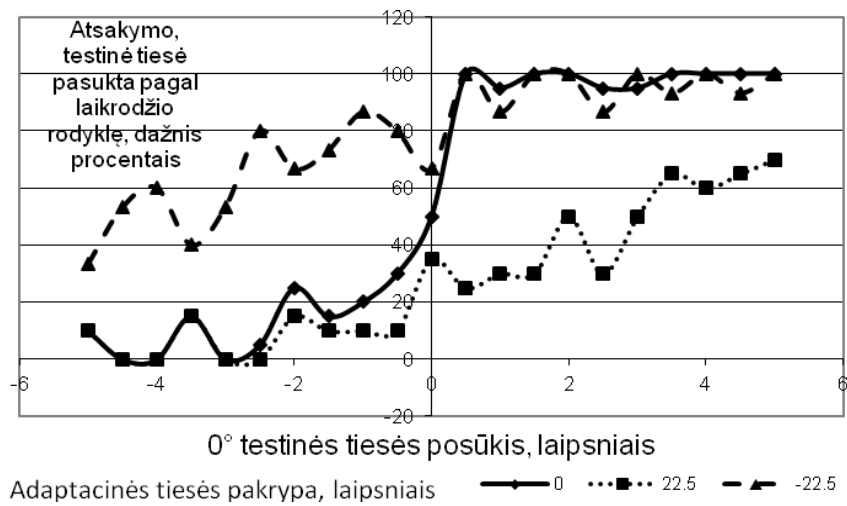
Visuose grafikuose abscisių ašyje yra atidėtas pateiktos tiesės pakrypos kampas. Neigiamas arba mažesnis už nustatomos tiesės kampas (grafike į kairę nuo ordinačių ašies) reiškia, kad pateikta tiesė tiriamajam suvokiama pasukta **prieš** laikrodžio rodyklę, o teigiamas (grafike į dešinę nuo ordinačių ašies) – pateikta tiesė pasukta **pagal** laikrodžio rodyklę. Ordinačių ašyje atidėta, koku dažniu (procentais) tiriamasis pasakė, jog pateikta tiesė pasukta **pagal** laikrodžio rodyklę.

Gauti rezultatai vertinant vertikalios (0°) suvokiamą tiesės pakrypą pateikti 4.1 paveiksle.

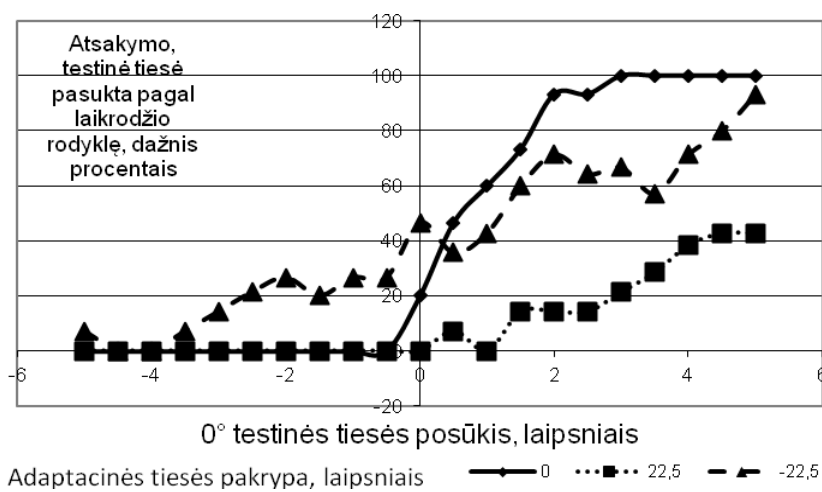
a) AD



b) AS



c) VV

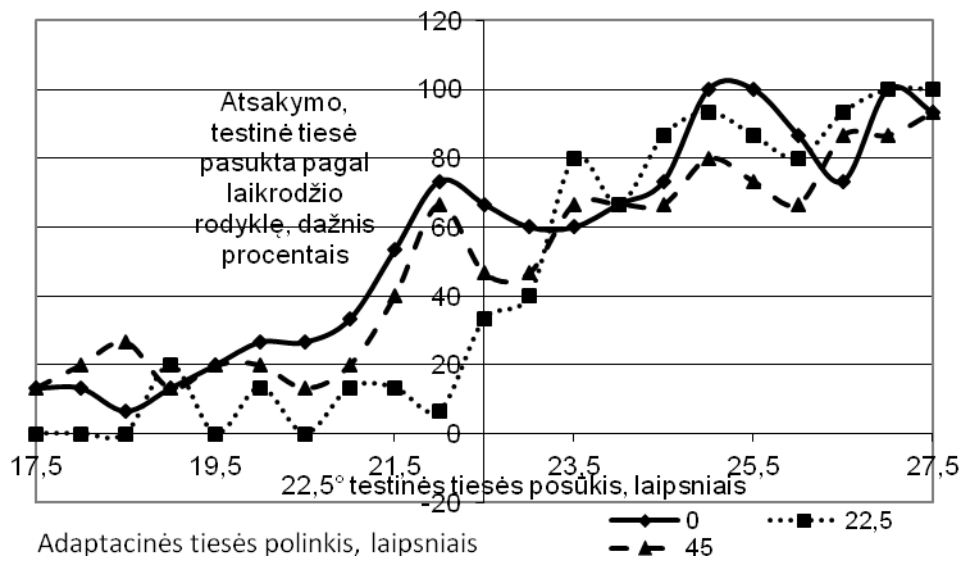


4.1. pav. Atsakymo, kad testinė tiesė yra pasukta pagal laikrodžio rodyklę, dažnio priklausomybė nuo vertikalios testinės tiesės posūkio skirtingiems

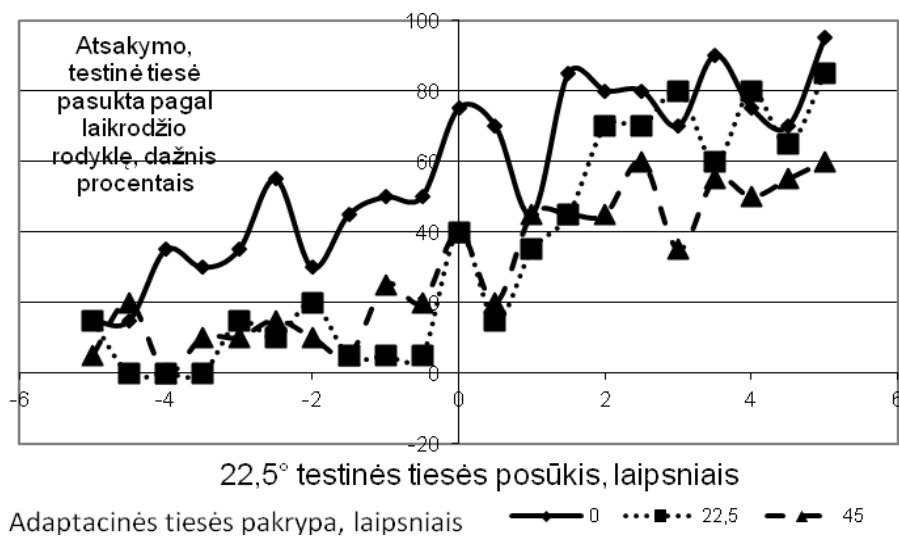
tiriamiesiems (AD (a), AS (b), VV (c)), kai tiesės pakrypa buvo 0° (tiesė buvo vertikali). Skirtingos kreivės žymi skirtingą adaptacinių tiesių pakrypą.

Gauti rezultatai vertinant $22,5^\circ$ suvokiamą tiesės pakrypą pateikti 4.2 paveiksle.

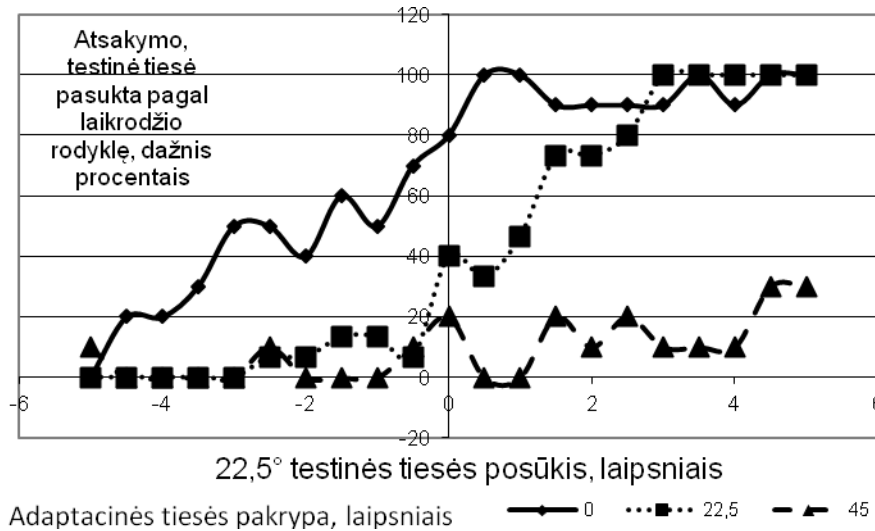
a) AD



b) AS



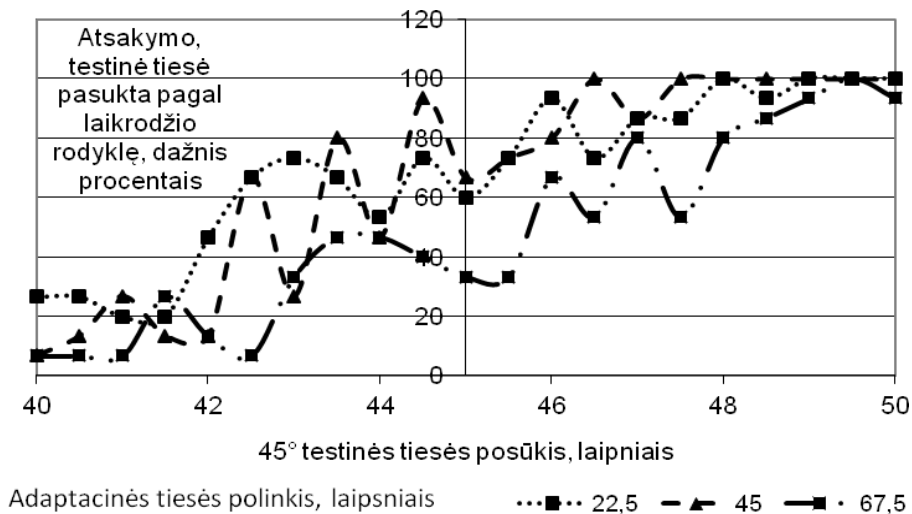
c) VV



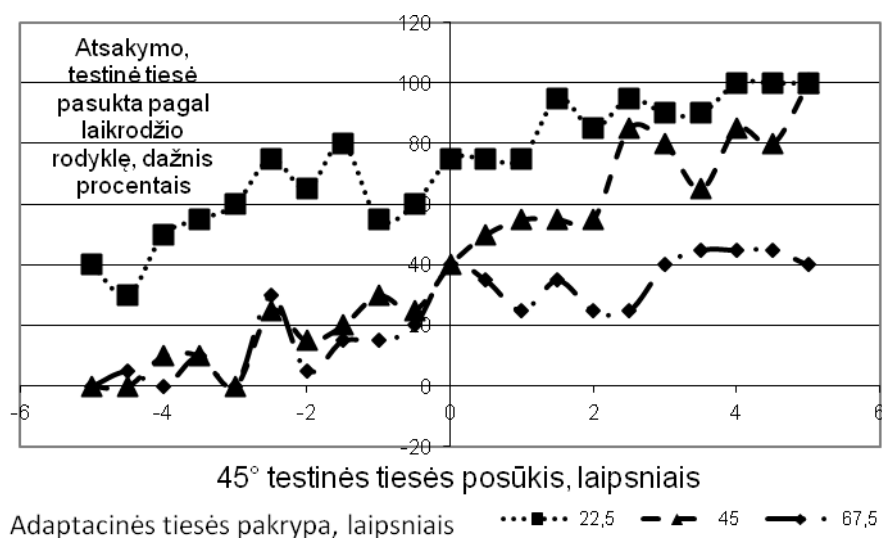
4.2. pav. Atsakymo, kad testinė tiesė yra pasukta pagal laikrodžio rodyklę, dažnio priklausomybė nuo 22.5 laipsnių testinės tiesės posūčio (tiriamieji AD (a), AS (b), VV (c), kai tiesės pakrypa buvo 22,5°). Skirtingos kreivės žymi skirtingą adaptacinių tiesių pakrypą.

Gauti rezultatai vertinant 45° suvokiamą tiesės pakrypą pateikti 4.3 paveiksle.

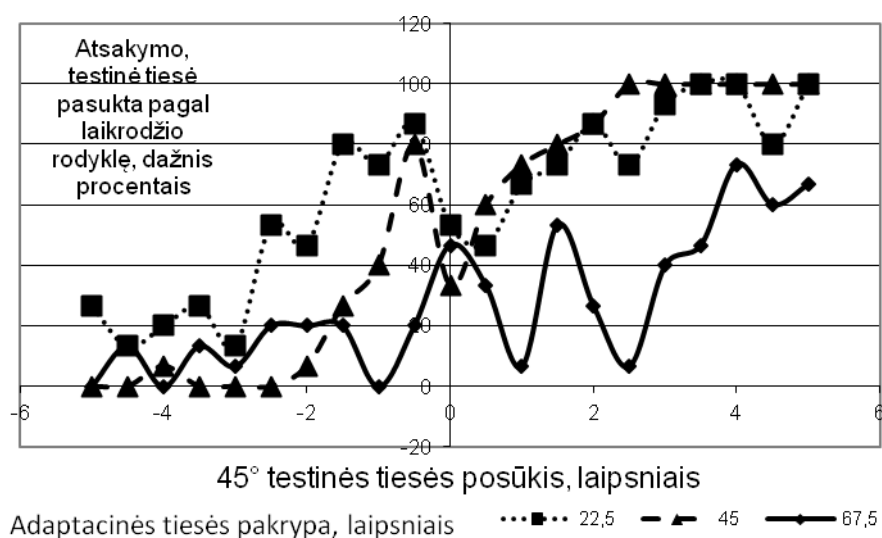
a) AD



b) AS



c) VV

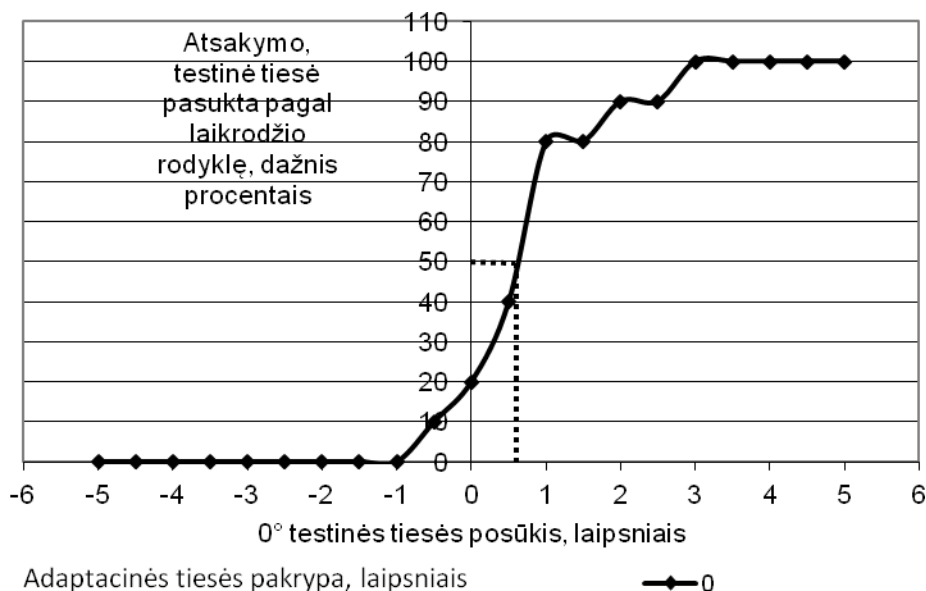


4.3. pav. Atsakymo, kad testinė tiesė yra pasukta pagal laikrodžio rodyklę, dažnio priklausomybė nuo 45 laipsnių testinės tiesės posūchio (tiriamieji AD (a), AS (b), VV (c), kai tiesės pakrypa buvo 45°). Skirtingos kreivės žymi skirtingų adaptacinių tiesių pakrypą.

Jei adaptacinės tiesės neturėtų jokios įtakos testinės tiesės polinkio suvokimui, tuomet visos kreivės ordinačių ašį (kuri nurodo, koks atsakymo,

kad testinė tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę, dažnis procentais) kirstų ties 50% riba. Tačiau iš 4.1.-4.3. paveikslų matome, kad tokių atvejų beveik nėra.

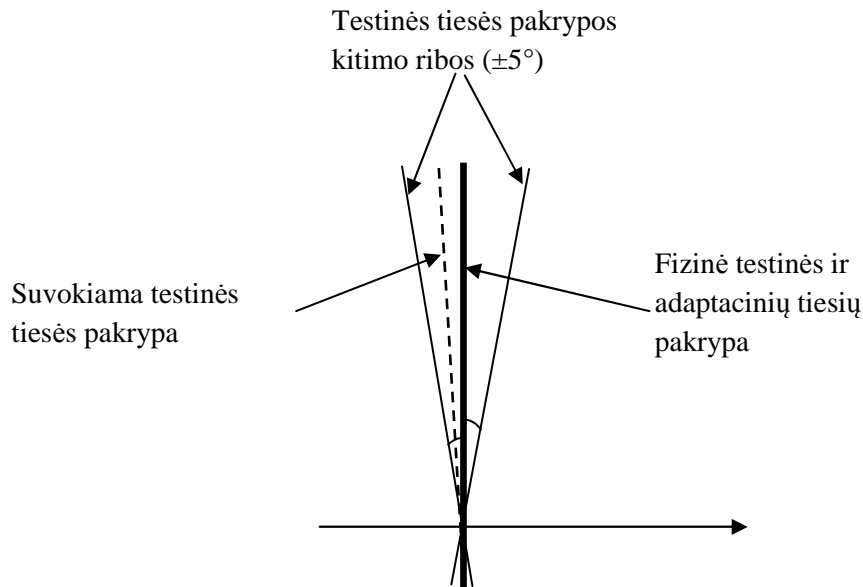
Paanalizuosime gautus rezultatus detaliau pristatydami vieno tiriamojo (AD) rezultatų analizę. 4.4. paveiksle pateikta tiriamojo AD vertikalios tiesės polinkio įvertinimo rezultatai, kai adaptacinių tiesių pakrypa buvo 0°. Tiriamasis turėjo adaptuotis ir nustatyti tokio paties polinkio tiesę. Atrodytų, jog tiriamasis tiesės pakrypą turėjo įvertinti labai tiksliai, tačiau 4.4. paveiksle matome, kad suvokiamos vertikalios tiesės pakrypa nėra tiksli.



4.4. pav. Vertikalios tiesės nustatymas po adaptacijos prie 0 laipsnių pakrypos tiesių (tiriamasis AD). Punktyrinės linijos žymi, kur tiriamojo atsakymai, kad testinė tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę pasiekia 50%.

Matome, kad tiriamasis AD vertikalią tiesę nustatė su maždaug pusės laipsnio paklaida. Tokia paklaida nėra labai didelė ir galėjo atsirasti dėl netikslaus galvos laikymo.

4.5 paveiksle schematiškai pavaizduota, kaip tiriamajam AD keičiasi vertikalios tiesės pakrypos suvokimas po adaptacijos prie vertikalių adaptacinių tiesių.

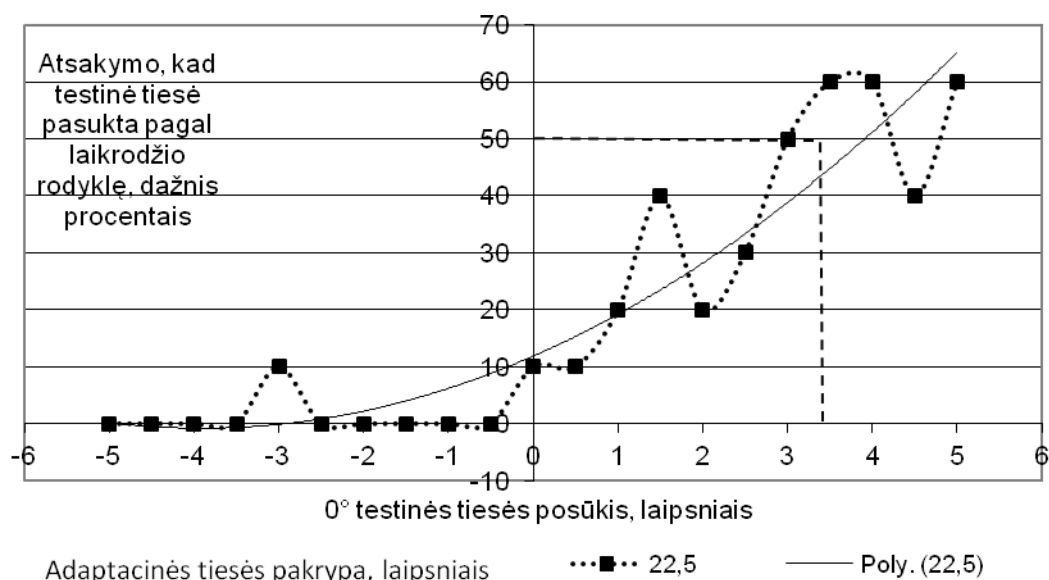


4.5 pav. Vertikalios tiesės pakrypos po adaptacijos vertikalioms tiesėms suvokimo schema. Stora išsiline tiesė pažymėta fizinė testinės tiesės pakrypa (0°). Plonomis tiesėmis pažymėta ribos, kuriose bandymo metu buvo keičiama testinės tiesės pakrypa ($\pm 5^\circ$). Punktyrine tiesė pažymėta suvokiamos testinės tiesės pakrypa.

Mūsų minėtu atveju (4.4. pav.) tiriamasis turėjo įvertinti suvokiamą vertikalios tiesės pakrypą. Pateikiamos testinės tiesės kito ribose [-5° ; 5°] (5° prieš ir pagal laikrodžio rodyklę). Jei tiriamasis vertikalią tiesę suvoktų teisingai, tai tiriamojo atsakymai pasiskirstytų per pusę – 50% jo atsakymų būtų, kad tiesė pasukta prieš laikrodžio rodyklę, kita pusė – testinė tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę. Tačiau mūsų pateiktu atveju (4.4 pav.) tiriamasis suvokia, kad tiesė yra pasukta **prieš** laikrodžio rodyklę (4.5. paveiksle pateiktoje schemoje punktyrine linija pažymėta vertikalios tiesės suvokiamas apytikslė pakrypa). Jeigu fizinė vertikalios tiesės pakrypa kampą

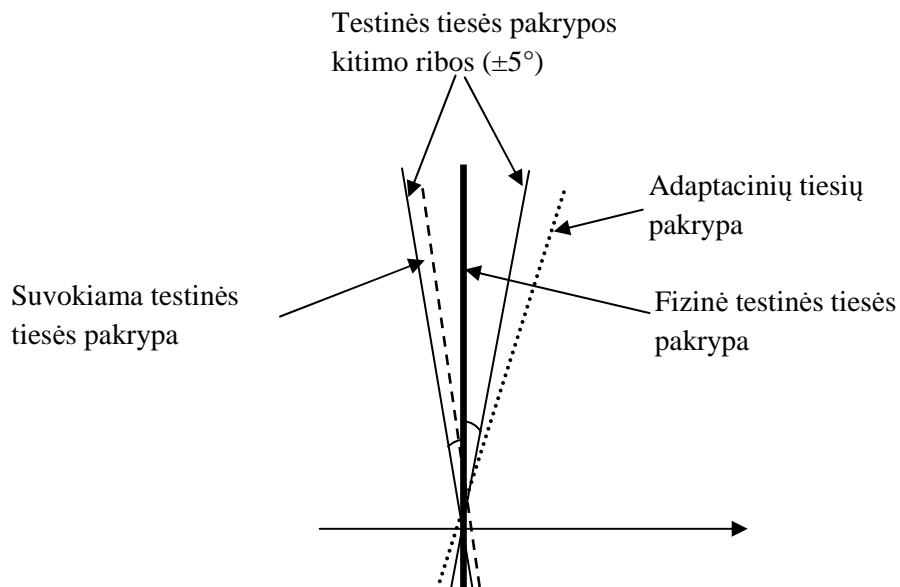
tarp bandymo metu keičiamų testinės tiesės ribų dalijo į dvi lygias, tai suvokiama vertikali tiesės pakrypa kampą dalija ne per pusę – sumažėja pirmas kampas, o antrasis padidėja. Taigi atsakymų, kad testinė tiesė pasukta prieš laikrodžio rodyklę daugėja, o atsakymų, kad tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę – mažėja. Šiuo atveju tiriamasis iš viso 56,67% visų atsakymų atsakė, kad tiesė pasukta **prieš** laikrodžio rodyklę, o 43,33% visų atsakymų atsakė, kad tiesė pasukta **pagal** laikrodžio rodyklę.

Toliau trumpai pristatysime kitus rezultatus. **4.6.** paveiksle pateikta tiriamojo AD vertikali tiesės įvertinimas, esant 22,5 laipsnių adaptacinėms tiesėms.



4.6 pav. Vertikali tiesės pakrypos nustatymas esant adaptacijai prie 22,5° tiesių (tiriamasis AD). Iš taškelių ir kvadratėlių sudaryta kreivė žymi atsakymo, kad testinė tiesė suvokiama pasukta pagal laikrodžio rodyklę dažnio funkcija nuo testinės tiesės fizinės pakrypos kitimo. Ištisinė plona kreivė yra išvesta aproksimacija antro laipsnio polinomo ($y = 0,8321x^2 + 6,4935x + 11,896$, $R^2 = 0,8659$).

Tiriamasis nustatinėjo vertikalią tiesę po adaptacijos prie 22,5 laipsnių tiesių. Iš 4.7 paveikslo matome, kad nustatomą tiesę tiriamasis suvokia kaip vertikalią, kai ši buvo pasukta maždaug 3 laipsnius **pagal** laikrodžio rodyklę.

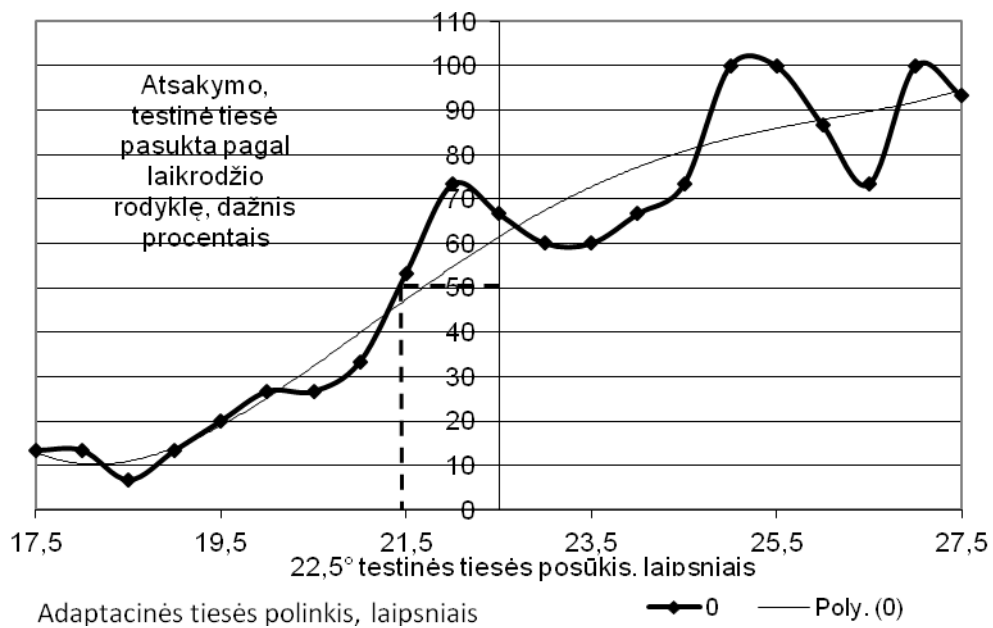


4.7 pav. **Vertikalios tiesės pakrypos po adaptacijos 22,5 laipsnio tiesėms suvokimo schema. Stora ištisine tiese pažymėta fizinė testinės tiesės pakrypa (0°). Plonomis tiesėmis pažymėta ribos, kuriose bandymo metu buvo keičiama testinės tiesės pakrypa (±5°). Taškeliais pažymėta tiesė nurodo adaptacinių tiesių pakrypą (22,5°). Punktyrine tiese pažymėta suvokiamos testinės tiesės pakrypa.**

Iš 4.7. paveikslo matome, kad testinės tiesės suvokiama pakrypa kinta daug labiau nei tada, kai sutapo adaptacinių ir testinių tiesių pakrypos (4.4 – 4.5 pav.). Padaugėja atsakymų, kad testinė tiesė pasukta **prieš** laikrodžio rodyklę. Tiriamasis 80,48% visų atsakymų pateikė, kad tiesė pasukta **prieš** laikrodžio rodyklę ir 19,52% visų atsakymų, kad **pagal** laikrodžio rodyklę. Taškeliais pažymėta tiesė žymi adaptacinės tiesės pakrypą. Matome, kad suvokiama testinės tiesės pakrypa sukasi taip, kad didėja kampas tarp

adaptacinių ir testinės tiesių, taigi šio bandymo metu pasitvirtina liekamojo adaptacijos poveikio efektas (Gibson, 1937).

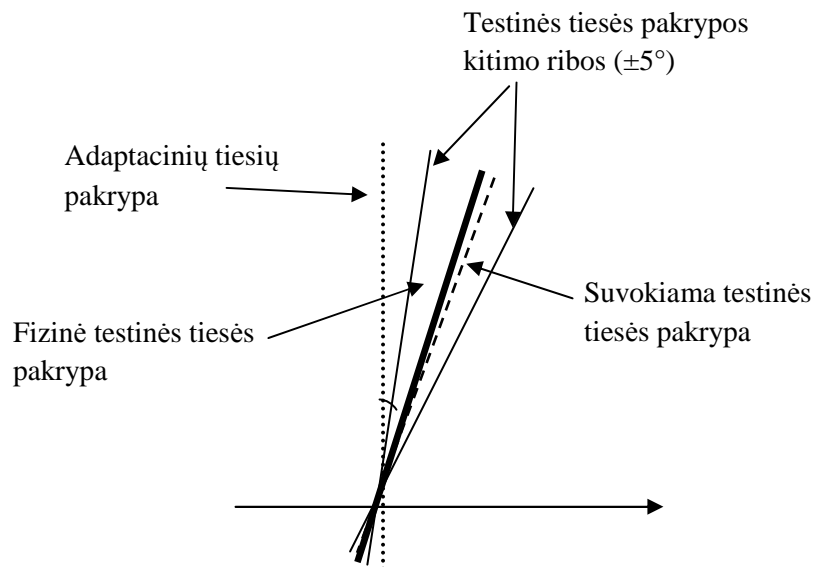
Dabar panagrinėsime, kaip tiriamasis AD nustatinėjo 22,5 laipsnių tiesės pakrypą esant 0; 22,5; 45 laipsnių adaptacijai. 4.8 paveiksle pateikta tiriamojo AD atsakymai vertinant 22,5° tiesės pakrypą esant vertikalios adaptacinės tiesės.



4.8 pav. 22,5° tiesės pakrypos vertinimas esant vertikalios adaptacinės tiesės (tiriamasis AD). Stora kreivė su juodais rombais žymi tiriamojo AD atsakymus vertinant 22,5° tiesės pakrypą. Ištinė plona kreivė yra išvesta aproksimacija ketvirto laipsnio polinomo ($y = 0,0433x^4 - 4,0883x^3 + 142,9x^2 - 2183,8x + 12310$, $R^2 = 0,9178$).

Tiriamasis vertino 22,5 laipsnių tiesės po adaptacijos prie vertikalią tiesių. Iš 4.8 paveikslo matome, kad 22,5 laipsnių pakrypos tiesę tiriamasis suvokia kaip 22,5 laipsnių, kai ši buvo pasukta maždaug 1 laipsnį prieš laikrodžio rodyklę.

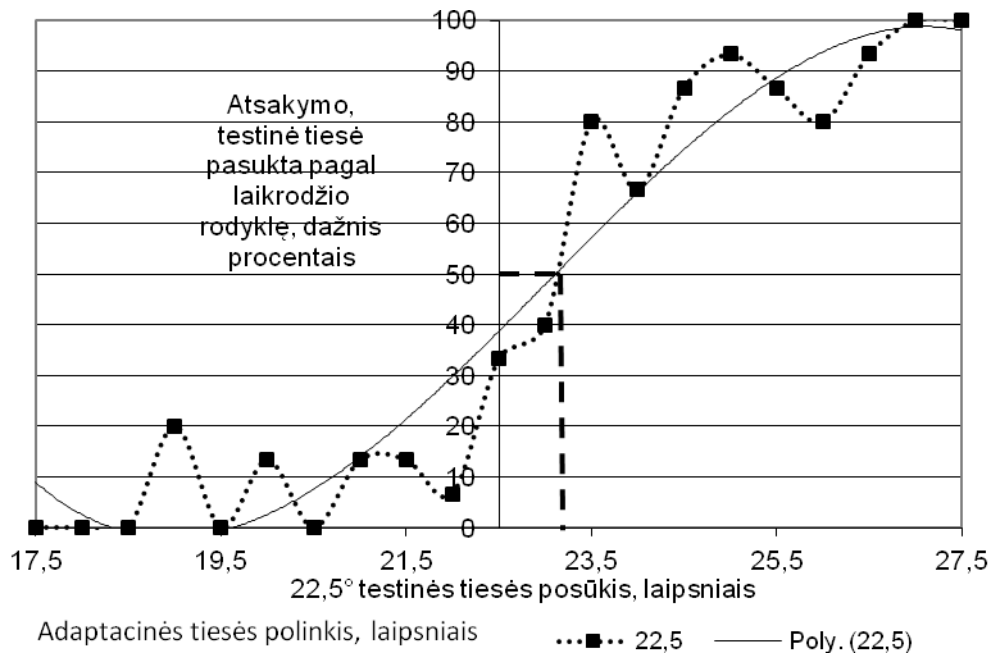
4.9 paveiksle schematiškai pavaizduota, kaip tiriamajam AD keičiasi 22,5 laipsnių tiesės pakrypos suvokimas po adaptacijos prie vertikalių adaptacinių tiesių.



4.9. pav. 22,5 laipsnio tiesės pakrypos po adaptacijos vertikalioms tiesėms suvokimo schema (tiriamasis AD). Stora ištisine tiese pažymėta fizinė testinės tiesės pakrypa (22,5°). Plonomis tiesėmis pažymėta ribos, kuriose bandymo metu buvo keičiama testinės tiesės pakrypa (±5°). Taškeliiais pažymėta tiesė nurodo adaptacinių tiesių pakrypą (0°). Punktyrine tiese pažymėta suvokiamos testinės tiesės pakrypa.

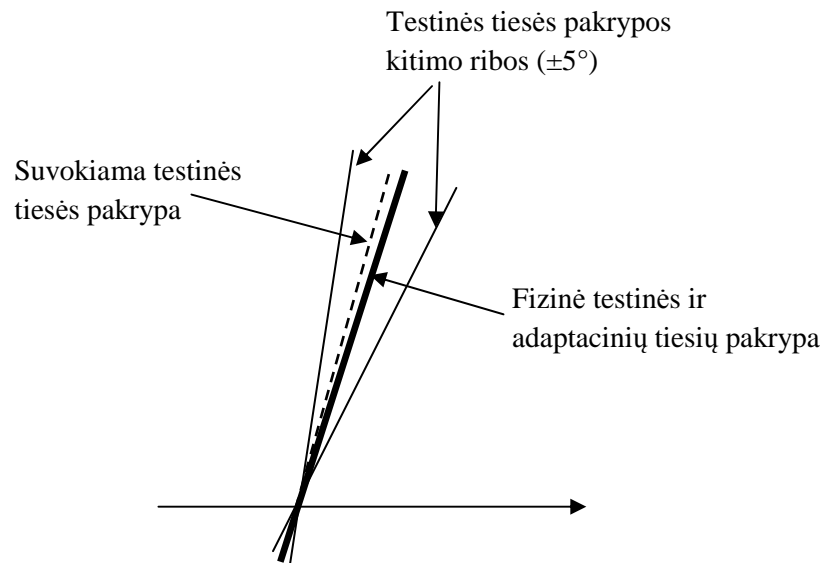
Tiriamasis AD nustatinėjo 22,5 laipsnių tiesę po adaptacijos prie 22,5 laipsnių pakrypos tiesių. Iš 4.9. paveikslo matome, kad tiriamasis 22,5 laipsnių tiesę suvokia, kai ši yra maždaug 21,5 laipsnių. Taigi, tiriamajam 22,5 laipsnių atrodo pasukta **pagal** laikrodžio rodyklę. Šie rezultatai sutampa su TAE, kadangi subjektyviai didinamas kampas tarp adaptacinių ir testinės tiesės. Tiriamasis pateikė 44,76% atsakymų, kad tiesė pasukta **prieš** laikrodžio rodyklę ir 55,24% atsakymų, kad tiesė pasukta **pagal** laikrodžio rodyklę.

Tiriamasis nustatinėjo 22,5 laipsnių tiesę po adaptacijos prie 22,5 laipsnių tiesių. Iš 4.10 paveikslo matome, kad tiriamasis 22,5 laipsnių pakrypos tiesę suvokia, kai ši yra maždaug 23 laipsnių.



4.10 pav. 22,5° tiesės pakrypos vertinimas esant 22,5° pakrypos adaptacinėms tiesėms (tiriamasis AD). Taškuota kreivė su juodais kvadratais žymi tiriamojo AD atsakymus vertinant 22,5° tiesės pakrypą. Ištisinė plona kreivė yra išvesta aproksimacija trečio laipsnio polinomo ($y = -0,3735x^3 + 25,803x^2 - 575,6x + 4181,6$, $R^2 = 0,9249$).

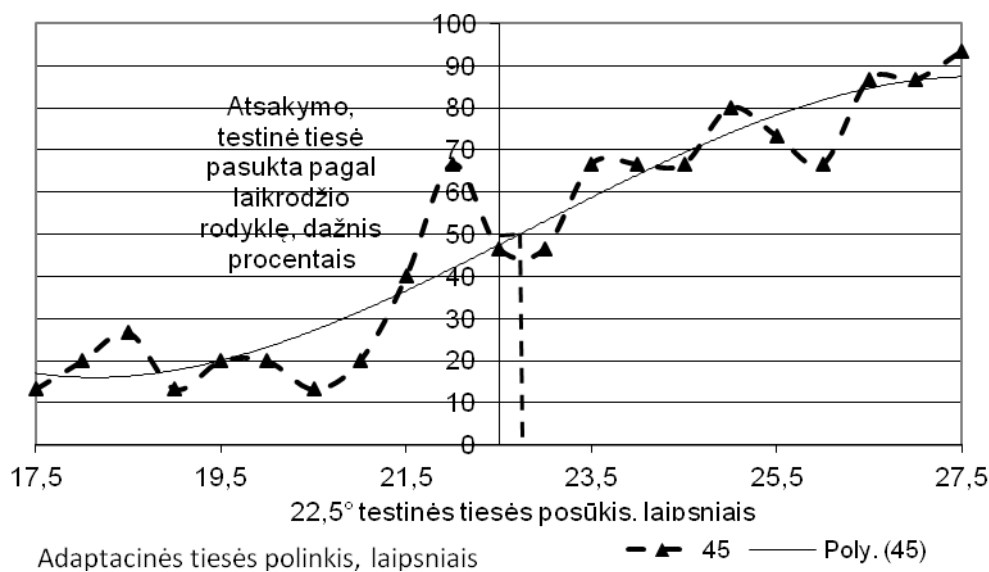
4.11 paveiksle schematiškai pavaizduota, kaip tiriamajam AD keičiasi 22,5 laipsnių tiesės pakrypos suvokimas po adaptacijos prie 22,5 laipsnių pakrypos adaptacinių tiesių.



4.11 pav. 22,5 laipsnio tiesės pakrypos po adaptacijos 22,5 laipsnių pakrypos tiesėms suvokimo schema (tiriamasis AD). Stora ištisine tiesė pažymėta fizinė testinės ir adaptacinių tiesių pakrypa (22,5°). Plonomis tiesėmis pažymėta ribos, kuriose bandymo metu buvo keičiama testinės tiesės pakrypa ($\pm 5^\circ$). Punktyrine tiesė pažymėta suvokiamos testinės tiesės pakrypa.

Taigi, tiriamajam 22,5 laipsnių atrodo pasukta **prieš** laikrodžio rodyklę. Tiriamasis pateikė 55,87% atsakymų, kad tiesė pasukta **prieš** laikrodžio rodyklę ir 44,13% atsakymų, kad tiesė pasukta **pagal** laikrodžio rodyklę.

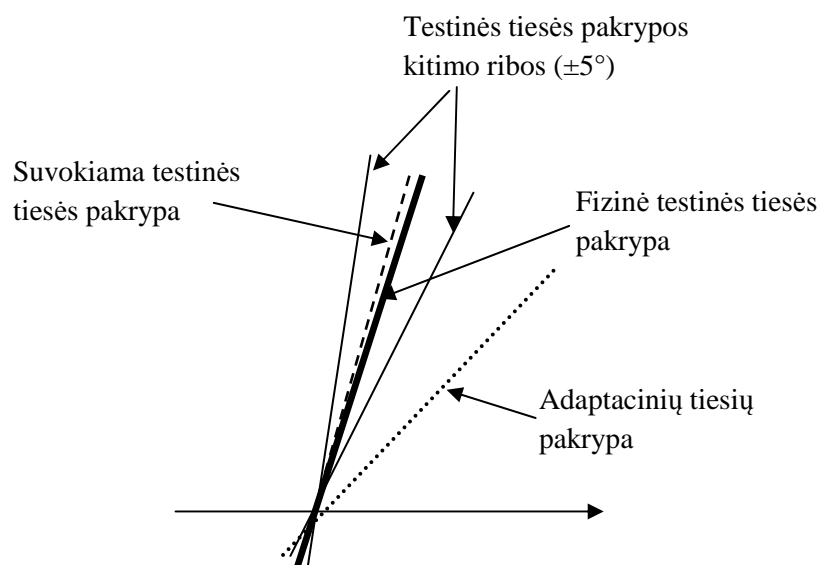
4.12. paveiksle pateikta, kaip tiriamasis AD nustatinėjo 22,5 laipsnių tiesę po adaptacijos prie 45 laipsnių tiesių.



4.12 pav. 22,5° tiesės pakrypos vertinimas esant 45° pakrypos adaptacinėms tiesėms (tiriamasis AD). Punktyrinė kreivė su juodais trikampiais žymi tiriamojo AD atsakymus vertinant 22,5° tiesės pakrypą. Ištininė plona kreivė yra išvesta aproksimacija pirmo laipsnio polinomo ($y = 8,4675x - 141,31$, $R^2 = 0,8799$).

Iš 4.12. paveikslo matome, kad tiriamasis 22,5 laipsnių pakrypos tiesę suvokia beveik tiksliai – paklaida apie 0,1°, kuri reiškia, kad tiriamasis 22,5° tiesę suvokia nežymiai pasisukusią prieš laikrodžio rodyklę. Tiriamasis pateikė 50,79% atsakymų, kad tiesė pasukta **prieš** laikrodžio rodyklę ir 49,21% atsakymų, kad tiesė pasukta **pagal** laikrodžio rodyklę.

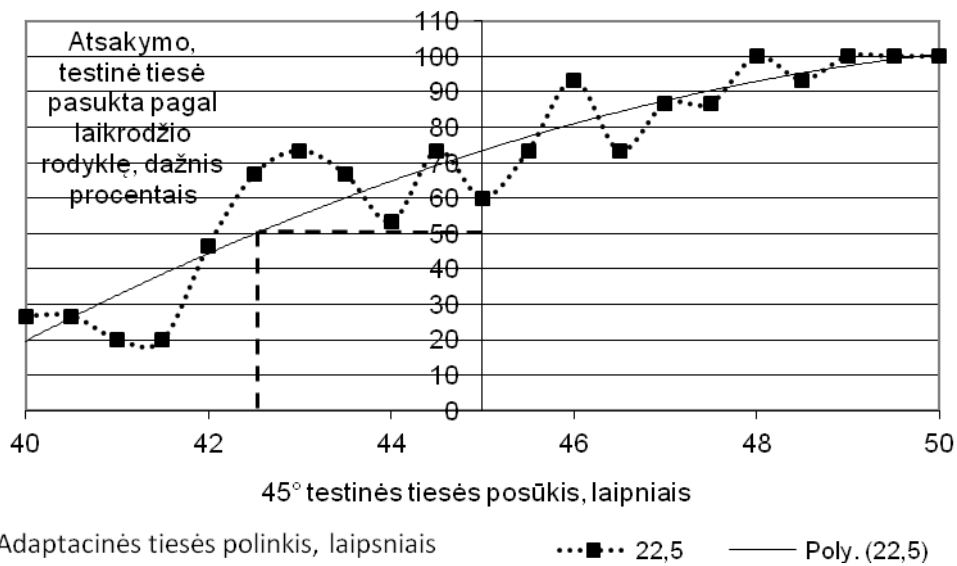
4.13 paveiksle schematiškai pavaizduota, kaip tiriamajam AD keičiasi 22,5 laipsnių tiesės pakrypos suvokimas po adaptacijos prie 45 laipsnių pakrypos adaptacinių tiesių.



4.13 pav. 22,5 laipsnio tiesės pakrypos po adaptacijos 45 laipsnių pakrypos tiesėms suvokimo schema (tiriamasis AD). Stora ištisine tiese pažymėta fizinė testinės tiesės pakrypa (22,5°). Plonomis tiesėmis pažymėta ribos, kuriose bandymo metu buvo keičiama testinės tiesės pakrypa ($\pm 5^\circ$). Taškeliais pažymėta tiesė rodo adaptacinių tiesių pakrypą. Punktyrine tiese pažymėta suvokiamos testinės tiesės pakrypa.

Iš 4.13 paveikslo matome, kad tiriamajam 22.5 laipsnių tiesė atrodo pasukta prieš laikrodžio rodyklę, tačiau labai nežymiai. TAE šiuo atveju taip pat stebimas, nes subjektyviai padidėjo kampas tarp adaptacinių ir testinės tiesių.

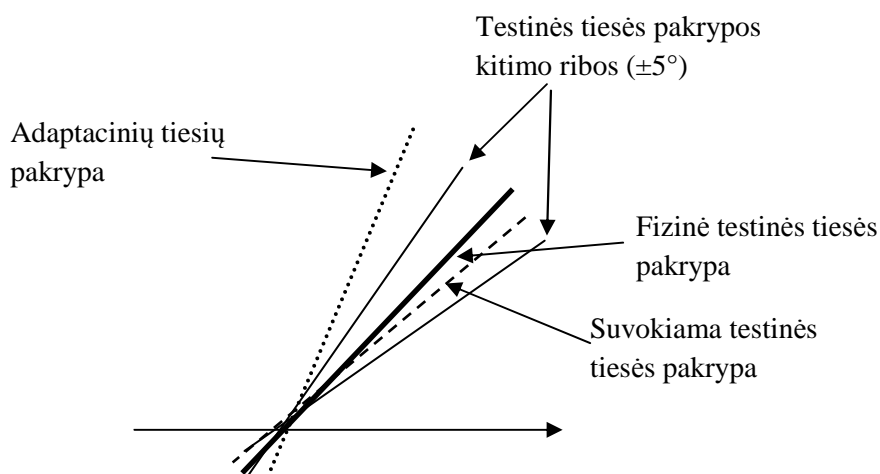
Dabar panagrinėsime, kaip tiriamasis AD nustatinėjo 45 laipsnių tiesę esant 0; 22,5; 45 laipsnių adaptacijai. 4.14 paveiksle pateikta tiriamojo atsakymų, kad testinė tiesė pasisukusi pagal laikrodžio rodyklę priklausomybė nuo 45° testinės tiesės pakrypos po adaptacijos prie 22,5° pakrypos tiesių.



4.14 pav. 45° tiesės pakrypos vertinimas esant 22,5° pakrypos adaptacinėms tiesėms (tiriamasis AD). Taškelių kreivė su juodais kvadratais žymi tiriamojo AD atsakymus vertinant 45° tiesės pakrypą. Ištisinė plona kreivė yra išvesta aproksimacija antro laipsnio polinomo ($y = -0,5302x^2 + 55,82x - 1364,9$, $R^2 = 0,8722$).

Tiriamasis nustatinėjo 45 laipsnių tiesę esant 22,5° adaptacijai. Kaip matome iš 4.14. paveikslo, kad tiriamasis 45 laipsnių tiesę suvokia, kai ši yra maždaug 42,5 laipsnių. Taigi, tiriamajam 45 laipsnių atrodo pasukta pagal laikrodžio rodyklę. Tiriamasis pateikė 60% atsakymų, kad tiesė pasukta prieš laikrodžio rodyklę ir 30% atsakymų, kad tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę.

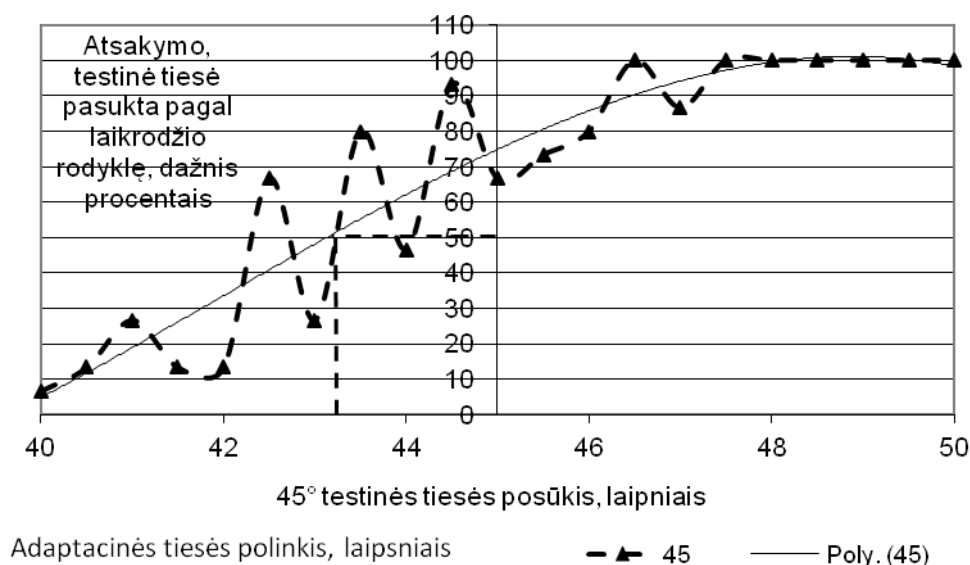
4.15 paveiksle schematiškai pavaizduota, kaip tiriamajam AD keičiasi 45 laipsnių tiesės pakrypos suvokimas po adaptacijos prie 22,5° pakrypos adaptacinių tiesių.



4.15 pav. 45 laipsnio tiesės pakrypos po adaptacijos 0 laipsnių pakrypos tiesėms suvokimo schema (tiriamasis AD). Stora ištisine tiese pažymėta fizinė testinės tiesės pakrypa (45°). Plonomis tiesėmis pažymėta ribos, kuriose bandymo metu buvo keičiama testinės tiesės pakrypa ($\pm 5^\circ$). Taškeliais pažymėta tiesė rodo adaptacinių tiesių pakrypą ($22,5^\circ$). Punktyrine tiese pažymėta suvokiamos testinės tiesės pakrypa.

Iš 4.15 paveikslo matome, kad tiriamajam 45° testinė tiesė po adaptacijos prie $22,5$ tiesių atrodo pasukta pagal laikrodžio rodyklę. Iš gautų rezultatų stebime TAE, kadangi subjektyviai padidinamas kampas tarp adaptacinių ir testinės tiesių pakrypų.

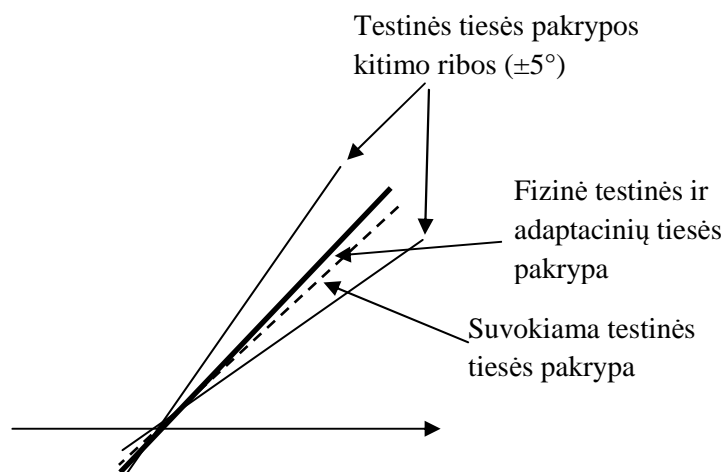
4.16 paveiksle pateikta tiriamojo atsakymų, kad testinė tiesė pasisukusi pagal laikrodžio rodyklę priklausomybė nuo 45° testinės tiesės pakrypos po adaptacijos prie 45° tiesių.



4.16 pav. 45° tiesės pakrypos vertinimas esant 45° pakrypos adaptacinėms tiesėms (tiriamasis AD). Punktyrinė kreivė su juodais trikampaiais žymi tiriamojo AD atsakymus vertinant 45° tiesės pakrypą. Ištisinė plona kreivė yra išvesta aproksimacija trečio laipsnio polinomo ($y = -0,1021x^3 + 12,853x^2 - 524,52x + 6955,9$, $R^2 = 0,8585$).

Tiriamasis nustatinėjo 45 laipsnių tiesę esant 45 laipsnių adaptacijai. Kaip matome iš 4.16. paveikslo, kad tiriamasis 45 laipsnių tiesę suvokia, kai ši yra maždaug 43 laipsnių. Taigi, tiriamajam 45 laipsnių atrodo pasukta **pagal** laikrodžio rodyklę. Tiriamasis pateikė 33,33% atsakymų, kad tiesė pasukta **prieš** laikrodžio rodyklę ir 66,67% atsakymų, kad tiesė pasukta **pagal** laikrodžio rodyklę.

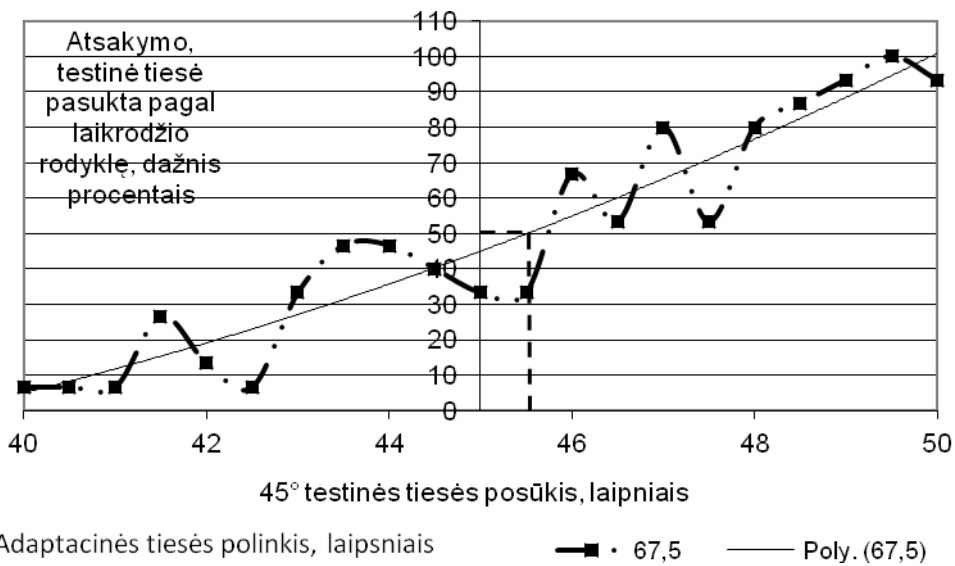
4.17 paveiksle schematiškai pavaizduota, kaip tiriamajam AD keičiasi 45 laipsnių tiesės pakrypos suvokimas po adaptacijos prie 45° pakrypos adaptacinių tiesių.



4.17 pav. 45 laipsnio tiesės pakrypos po adaptacijos 45 laipsnių pakrypos tiesėms suvokimo schema (tiriamasis AD). Stora ištisine tiese pažymėta fizinė testinės ir adaptacinių tiesių pakrypa (45°). Plonomis tiesėmis pažymėta ribos, kuriose bandymo metu buvo keičiama testinės tiesės pakrypa ($\pm 5^\circ$). Punktyrine tiese pažymėta suvokiamos testinės tiesės pakrypa.

Iš 4.17 paveikslo matome, kad tiriamajam 45° testinė tiesė po adaptacijos prie 45° tiesių atrodo pasukta pagal laikrodžio rodyklę. Iš gautų rezultatų stebime TAE, kadangi subjektyviai padidinamas kampas tarp adaptacinių ir testinės tiesių pakrypų.

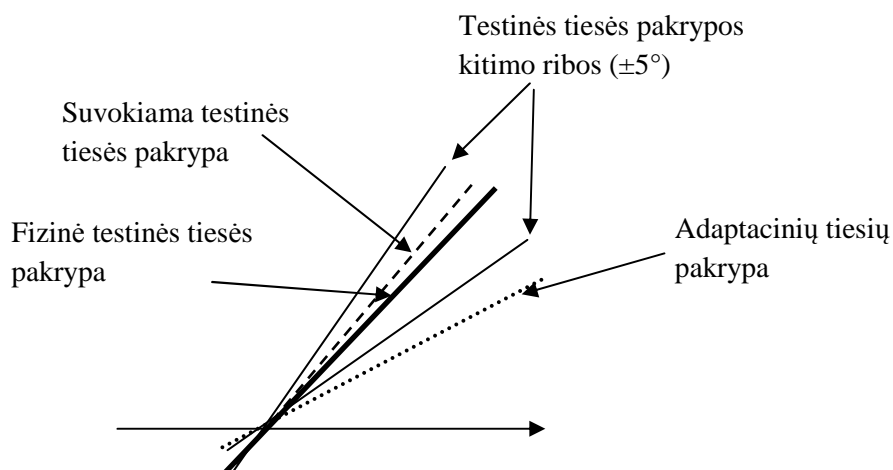
4.18 paveiksle pateikta tiriamojo atsakymų, kad testinė tiesė pasisukusi pagal laikrodžio rodyklę priklausomybė nuo 45° testinės tiesės pakrypos po adaptacijos prie $67,5^\circ$ tiesių.



4.18 pav. 45° tiesės pakrypos vertinimas esant 67,5° pakrypos adaptacinėms tiesėms (tiriamasis AD). Punktyrinė kreivė su juodais kvadratais žymi tiriamojo AD atsakymus vertinant 45° tiesės pakrypą. Ištininė plona kreivė yra išvesta aproksimacija antro laipsnio polinomo ($y = 0,3178x^2 - 19,008x + 256,86$, $R^2 = 0,8944$).

Tiriamasis nustatinėjo 45 laipsnių tiesę esant 67,5 laipsnių adaptacijai. Kaip matome iš 4.18 paveikslo, kad tiriamasis 45 laipsnių tiesę suvokia, kai ši yra maždaug 45,5 laipsnių. Taigi, tiriamajam 45 laipsnių atrodo pasukta **prieš** laikrodžio rodyklę. Tiriamasis pateikė 66,67% atsakymų, kad tiesė pasukta **prieš** laikrodžio rodyklę ir 33,33% atsakymų, kad tiesė pasukta **pagal** laikrodžio rodyklę.

4.19 paveiksle schematiškai pavaizduota, kaip tiriamajam AD keičiasi 45 laipsnių tiesės pakrypos suvokimas po adaptacijos prie 67,5° pakrypos adaptacinių tiesių.



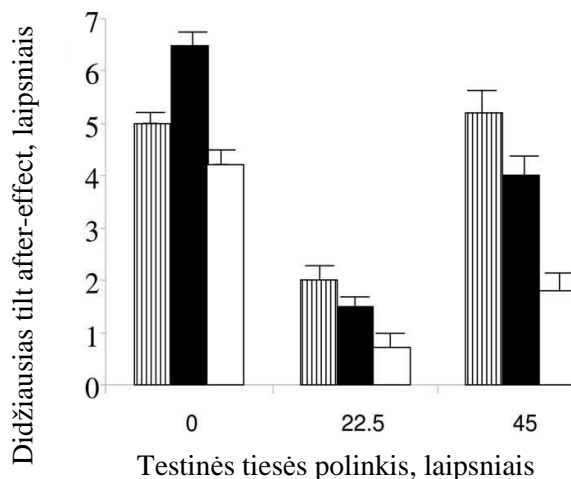
4.19 pav. 45 laipsnio tiesės pakrypos po adaptacijos 67,5 laipsnių pakrypos tiesėms suvokimo schema (tiriamasis AD). Stora ištisine tiesė pažymėta fizinė testinės tiesės pakrypa (45°). Plonomis tiesėmis pažymėta ribos, kuriose bandymo metu buvo keičiama testinės tiesės pakrypa (±5°). Taškeliais pažymėta tiesė rodo adaptacinių tiesių pakrypą (67,5°). Punktyrine tiesė pažymėta suvokiamos testinės tiesės pakrypa.

Iš 4.19 paveikslo matome, kad tiriamajam 45° testinė tiesė po adaptacijos prie 67,5° tiesių atrodo pasukta prieš laikrodžio rodyklę. Iš gautų rezultatų stebime TAE, kadangi subjektyviai padidinamas kampas tarp adaptacinių ir testinės tiesių pakrypų.

Tokiu pačiu principu išnagrinėti ir kitų dviejų tiriamųjų gauti rezultatai.

Jei pateikta tiesė su tam tikra pakrypa sužadina tik vieną neuroną (jautrų tiesės pakrypa) tuomet adaptacija neturėtų neįtakoti suvokiamos pakrypos (nebūtų TAE). Šio bandymo tikslas buvo patikrinti minėtą prielaidą, kad tiesių, kurių pakrypos yra 22,5° ir 67,5° pakrypų suvokimo adaptacija turėtų neįtakoti.

Apibendrinti rezultatai visiems tiriamiesiems pateikti 4.20 paveiksle, kuriame pavaizduota didžiausia TAE vertė (laipsniais) priklausomai nuo testinės tiesės pakrypos.



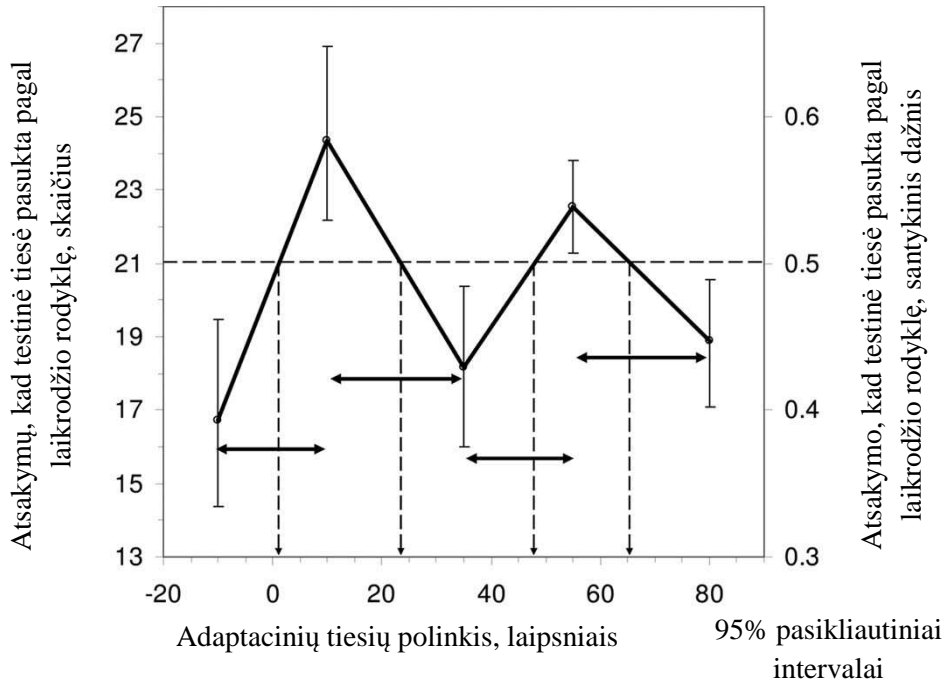
4.20 pav. Didžiausia tilt after-effect vertė (laipsniais) priklausomai nuo testinės tiesės polinkio trims tiriamiesiems. Atidėti 99% pasikliautiniai intervalai.

Skirtingų tiriamųjų duomenys pavaizduoti skirtingos užpildymo formos stulpeliais. Matome, kad mažiausias TAE yra, kai testinės tiesės polinkis buvo 22,5 laipsniai. Kai testinės tiesės polinkis buvo 0, 45 laipsniai, TAE ženkliai didesnis. Kaip matome šiuo atveju TAE poveikis nelygus nuliui. Tai galima būtų aiškinti tuo, kad suvokiama pakrypa dar priklauso nuo pakrypos kontrasto efekto (simultaninis kontrastas, kurio metu aštrūs kampai subjektyviai didinami, o buki - mažinami), t.y. dėl inercijos vyksta sąveika tarp adaptacinių ir testinės tiesių (Sekuler, Littlejohn, 1974; Vaitkevicius et al, 2009).

4.2. Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: normalizacijos efektas

Bandymo metu buvo siekiama patikrinti, ar adaptacijos metu tiesės suvokiama pakrypa keičiasi, subjektyviai artėdama prie vertikalios (0°), 45° ir horizontalios (90°) tiesių pakrypų. Bandymo metu tiriamieji turėjo įvertinti testinės tiesės pakrypą nuspausdami vieną iš dviejų mygtukų, kurie reiškė, jog suvokiama testinė tiesė pasukta prieš arba pagal laikrodžio rodyklę. Tarpinio

atsakymo nebuvo, todėl jei tiriamieji nebuvo tikri, kur pasisukus testinė tiesė, buvo priversti spėti. Rezultatai pasiskirstę pagal normalinį skirstinį (pagal Kolmogorov-Smirnov kriterijų, $p \leq 0,2$). Bendri visų tiriamųjų rezultatai pateikti 4.21. paveiksle.



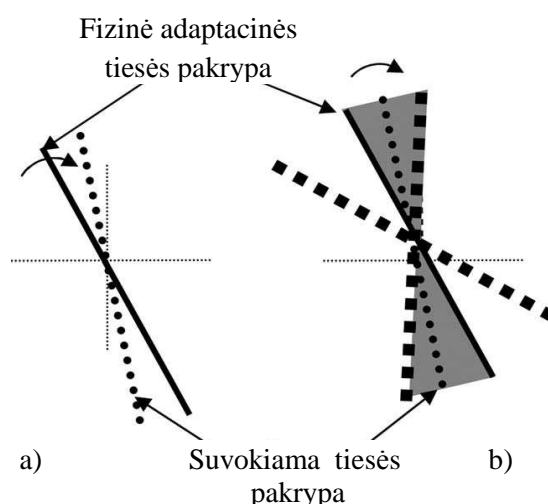
4.21 pav. Atsakymų, kad testinė tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę, skaičiaus ir santykinio dažnio priklausomybė nuo adaptacinių tiesių polinkio laipsniais. Juodi taškai adaptuojančios tiesės suvokiamo pokrypio įvertis, Vertikali atkarpa - 95% pasikliautinas intervalas. Abscisių ašyje - pakrypa laipsniais. Horizontalios strėlytės nurodo suvokiamos pakrypos pokyčio kryptį.

4.21 paveiksle pateikta pasirinkto atsakymo dažnumo priklausomybė nuo adaptacinių tiesių polinkio. Gauti rezultatai gali būti paaiškinti taip. Jei tiriamieji dažniau rinkosi atsakymą, kad tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę, tai adaptacinės tiesės tiriamiesiems subjektyviai atrodė pasuktos prieš laikrodžio rodyklę. Teigiami kampai reiškia, kad adaptacinė tiesė buvo suvokiama, kaip pasukta pagal laikrodžio rodyklę nuo vertikalios. Punktyrine

linija pažymėta, koks būtų atsakymų dažnis, jei atsakymų, kad testinė tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę, būtų tiek pat, kiek atsakymų, kad testinė tiesė pasukta prieš laikrodžio rodyklę. Tokiu atveju tiriamasis priimtų sprendimą atsitiktinai ir suvokiamas pakrypos vidurkis būtų lygus reikšmei, kurią nurodo punktyrinė strėlytė (vidutinis nuokrypis nuo šios reikšmės būtų lygus nuliui). Ištinės horizontalios rodyklės rodo subjektyvų suvokiamą pakrypos pokyčio kryptį. Adaptacijos metu tiesė subjektyviai sukasi link arčiausios vertikalios (0°), horizontalios (90°) arba 45° pakrypos. Tiesės, kurių pakrypa yra $22,5^\circ$ ir $67,5^\circ$ suvokiamos stabilios su nežymiais poslinkiais.

Tokiu būdu, punktyrinės rodyklės žymi pakrypas, kurių adaptacija neturėtų įtakoti - čia nebūtų stebima normalizacija. Tai, kad normalizacijos efekto nėra stebint vertikalią ($\varphi=0^\circ$) ir horizontalią ($\varphi=90^\circ$) tieses, jau pastebėjo J.Gibsonas. Tačiau, kad šiomis savybėmis pasižymi ir kitos tiesės pakrypos $\sim 22,5^\circ$, $\sim 45^\circ$ ir $67,5^\circ$, nežinoma.

Iš 4.21. paveikslo matome, kad tiriamieji rečiau atsakė, jog testinė tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę, kai adaptacinės tiesės buvo -10° . Taigi adaptacinė tiesė buvo suvokiama pasukta pagal laikrodžio rodyklę. Panagrinėkime šiuos rezultatus detaliau. Suvokiamos pakrypos pokytis adaptacijos metu schematiškai pateiktas 4.22 pav.



4.22 pav. Suvokiamos pakrypos krypties vertinimas po adaptacijos prie -10° tiesės (dėl aiškumo kampai padidinti). Ištinė tiesė pažymėta fizine

adaptacinės tiesės pakrypa. Iš taškelių sudarytoje tiesėje – kaip adaptacijos metu pasikeičia suvokiama adaptacinių tiesių pakrypa (a). Testinių tiesių pakrypos buvo tarp dviejų iš kvadratų sudarytų tiesių ribose. Fizinė adaptacinių tiesių pakrypa šį intervalą dalija į dvi lygias dalis (pilkai ir baltai nuspalvinti ploteliai). Adaptacijos metu pakitus suvokiamai adaptacinių tiesių pakrypai ji pasisuka pagal laikrodžio rodyklę ir yra pažymėta tiese, sudaryta iš taškelių. Ši tiesė galimų testinių tiesių pakrypų intervalą dalija į nelygias dalis, todėl turėtų padidėti atsakymų, kad testinė tiesė pasukta prieš laikrodžio rodyklę.

Tiriamajam buvo pateikiama -10° adaptacinės tiesės. Po adaptacijos trumpam buvo parodoma testinė tiesė (4.22 b paveiksle pavaizduota, kad testinės tiesės pakrypos kito intervale tarp dviejų iš didelių kvadratų sudarytų tiesių). Tiriamasis turėjo įvertinti, prieš ar pagal laikrodžio rodyklę lyginant su adaptacinėm tiesėm yra suvokiamas testinės tiesės pakrypos posūkis. Jei adaptacijos metu nekistų suvokiama adaptacinių tiesių pakrypa, tuomet testinės tiesės pakrypa turėtų sutapti (-10°). Kitaip tariant tiriamojo atsakymų, kad testinė tiesė pasukta prieš laikrodžio rodyklę, skaičius turėtų būti lygus atsakymų, kad testinė tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę, skaičiui. Jeigu adaptacijos metu adaptacinių tiesių pakrypa subjektyviai sukasi pagal laikrodžio rodyklę (-10° pakrypos tiesės gali būti suvokiamos, kaip 4.22 paveiksle pažymėtos tiesės iš taškelių), tuomet didės tiriamojo atsakymų, kad testinė tiesė pasukta prieš laikrodžio rodyklę. Tačiau jei adaptacinės tiesės pakrypa adaptacijos metu suktųsi prieš laikrodžio rodyklę, tuomet tiriamojo atsakymų, kad testinė tiesė pasukta prieš laikrodžio rodyklę turėtų mažėti. Testinės tiesės pakrypos kitimo intervalą fizinė adaptacinių tiesių pakrypa dalija į dvi lygias dalis. Tačiau bet koki subjektyvūs suvokiamos pakrypos pakitimai keičia atsakymų (testinė tiesė pasukta prieš ar pagal laikrodžio rodyklę) dažnį. Būtent pagal atsakymų dažnį galima nustatyti subjektyvų adaptacijos poveikį. 4.22. paveiksle suvokiama orientacija pažymėta punktyrinėmis linijomis. B dalyje suvokiamos orientacijos linija dalina plotą

tarp dviejų storų punktyrinių linijų taip, kad dalis, kuri žymi tiesės polinkio suvokimą prieš laikrodžio rodyklę (iš kairės pusės) yra didesnė nei likusi dalis. Tai reiškia, kad tiriamieji labiau linkę suvokti tiesės polinkį ten, kur yra didesnis plotas schemeje (šiuo atveju prieš laikrodžio rodyklę).

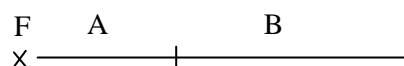
Kadangi bandymo metu buvo siekta nustatyti tik suvokiamą tiesės pakrypos pokyčio kryptį (o ne jo dydį), dėl to nereikia naudoti psichometrinių charakteristikų.

4.21. paveiksle pateikti rezultatai gali būti paaiškinti taip. Jei tiriamieji dažniau rinkosi atsakymą, kad tiesė pasukta pagal laikrodžio rodyklę, tai adaptacinės tiesės tiriamiesiems subjektyviai atrodė pasuktos prieš laikrodžio rodyklę (kaip 4.22. paveiksle).

Taigi iš 4.21. paveikslo matome, kad adaptacijos metu tiesė subjektyviai sukasi link arčiausios vertikalios 0° , horizontalios 90° arba 45° polinkio. Tiesės, kurių polinkis $22,5^\circ$ ir $67,5^\circ$ suvokiamos stabilios su nežymiais poslinkiais.

4.3. Atkarpos dydžio suvokimo priklausomai nuo atkarpos projekcijos vietos akies tinklainėje rezultatai

Gauti rezultatai – atkarpų dalių ilgiai pikseliais, buvo perskaičiuoti kampiniais ilgiais (laipsniais), siekiant palyginti individualius tiriamųjų rezultatus⁵. Tada buvo paskaičiuotas atkarpos dalies, esančios prie fiksacijos (F) kryželio (*toliau A*), santykis su likusia atkarpos dalimi (*toliau B*) (4.23.pav.).

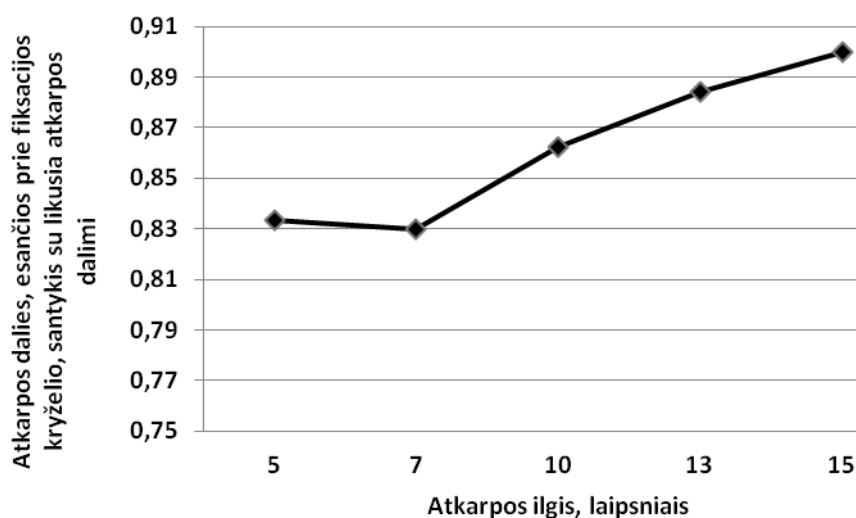


4.23 pav. Atkarpos dalių ir fiksacijos kryželio žymėjimas

⁵ Atkarpos ilgiai pikseliais tarp tiriamųjų skyrelių, kadangi tiriamieji sėdėjo nevienodu atstumu iki kompiuterio vaizduoklio ekrano.

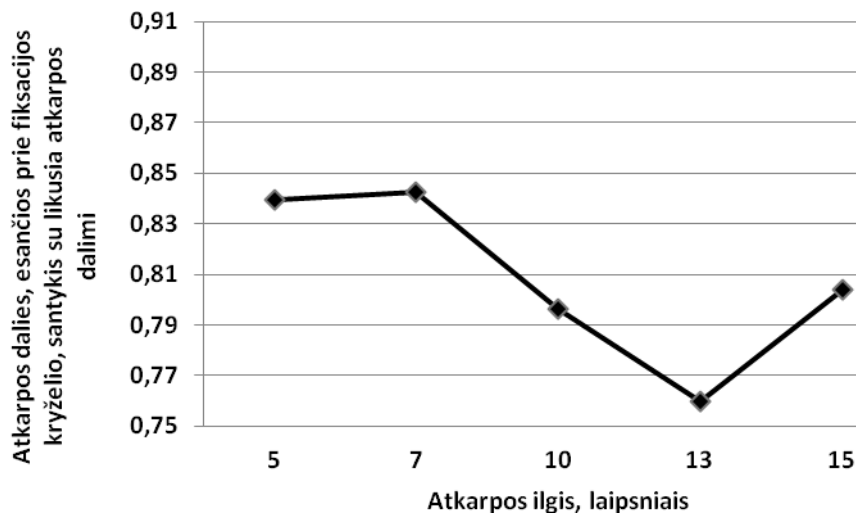
Santykis A/B rodo, su koku tikslumu tiriamasis padalino atkarpą. Jei santykis A/B lygus 1, atkarpos dalys yra lygios ($A=B$) ir atkarpa padalinta tiksliai per vidurį. Jei santykis A/B mažesnis už 1, atkarpos dalis, esanti prie fiksacijos kryželio nustatyta trumpesnė, nei likusi atkarpos dalis ($A < B$). Jei santykis A/B didesnis už 1, atkarpos dalis, esanti prie fiksacijos kryželio nustatyta ilgesnė už likusią atkarpos dalį ($A > B$).

Kadangi tyrimo metu buvo pateikta penkių skirtingų ilgių atkarpos, tai buvo analizuota, kaip kinta atkarpos dalių santykis A/B priklausomai nuo atkarpos ilgio. Buvo pastebėta, kad žmogus dalindamas atkarpas, tam tikro ilgio atkarpas padalina su mažiausiu tikslumu – atkarpos dalių santykio priklausomybėje nuo atkarpos ilgio atsiranda lūžio taškas – ekstremumas. Pagal lūžio taško vietą atkarpų dalių santykio A/B nuo atkarpos ilgio kreivėje tiriamųjų rezultatai buvo sugrupuoti į tris grupes. Pirmosios (rezultatai iš 20 tiriamųjų) ir antrosios (rezultatai iš 5 tiriamųjų) grupių suvidurkinti rezultatai pateikti 4.24 ir 4.25 paveikslėliuose, o trečioji grupė (5 tiriamieji) neanalizuota, kadangi jų atkarpos dalių santykio A/B kreivės pobūdžiai neturėjo aiškios kitimo tendencijos.



4.24 pav. Atkarpos dalių santykio priklausomybė nuo atkarpos ilgio. Suvidurkinti 20 tiriamųjų rezultatai. X ašyje pateikta atkarpos ilgis

laipsniais, y ašyje - atkarpos dalių santykis - atkarpos dalies, esančios prie fikscijos kryželio, santykis su likusia atkarpos dalimi.



4.25 pav. Atkarpos dalių santykio priklausomybė nuo atkarpos ilgio. Suvidurkinti 5 tiriamųjų rezultatai. Ašyse atidėta tie patys dydžiai kaip ir 4.24 pav.

Matome, kad atkarpas tiriamieji padalina netiksliai per vidurį. Atkarpos dalis A, esanti arčiau fikscijos kryželio, yra nustatoma mažesnė nei likusi atkarpos dalis. Taip pat pastebėta, kad skirtingo ilgio atkarpų dalių santykis A/B, priklausomai nuo atkarpos ilgio kinta netolygiai (4.24 ir 4.25 pav.). Pirmą grupę sudarė 20 tiriamųjų rezultatai, jie didžiausią paklaidą darydavo (atkarpos dalių santykis A/B buvo mažiausias), kai atkarpos buvo 5-7 laipsnių kampinio ilgio (4.24 pav.). Antrą grupę sudarė 5 tiriamųjų rezultatai, jie didžiausią paklaidą darydavo (atkarpos dalių santykis A/B buvo mažiausias), kai atkarpos buvo 13 laipsnių kampinio ilgio (4.25pav.). Likusių 5 tiriamųjų atkarpų dalių santykio A/B priklausomybės nuo atkarpos ilgio kreivė neturėjo aiškios kitimo tendencijos, todėl nepateko nei į vieną iš šių dviejų grupių ir toliau nebuvo analizuojami.

Buvo tikrinta, ar atkarpos dalių santykių tarpusavio skirtumai kiekvienoje grupėje statistiškai patikimi. Kadangi ne visi rezultatų skirstiniai buvo normalinio pasiskirstymo, todėl buvo pasirinktas neparametrinis Mann-

Whitney kriterijus, kurio pagalba palyginta, ar statistiškai reikšmingai skiriasi skirtingų atkarpų ilgių atkarpų dalių santykiai. Pirmos tiriamųjų grupės Mann-Whitney U ir p-reikšmės pagal Mann-Whitney kriterijų pateiktos 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Mann-Whitney U ir p-reikšmė¹ gauta lyginant pirmos tiriamųjų grupės atkarpų dalių santykius.

| Lyginamų atkarpų ilgiai, laipsniais | Mann-Whitney U reikšmė | p-reikšmė ¹ |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|
| 5-7 | 596307,0 | 0,326 |
| 7-10 | 512027,0 | 0,000* |
| 10-13 | 512577,0 | 0,000* |
| 13-15 | 524726,0 | 0,001* |

¹skaičiuota pagal Mann-Whitney kriterijų

Statistiškai reikšmingo skirtumo negauta tik lyginant 5 ir 7 laipsnių kampinio ilgio atkarpos dalių santykius. Visi kiti atkarpos dalių santykiai tarpusavyje lyginant poromis greta esančius atkarpos ilgius (7-10, 10-13, 13-15) statistiškai reikšmingai skiriasi.

Pirmos tiriamosios grupės atkarpos dalių santykio kitimo tendencijoje matome, kad kreivės minimumas yra, kai atkarpos ilgis buvo 7 laipsniai. Todėl svarbu išsiaiškinti, ar šios kreivės minimumas (kai atkarpos ilgis 7 laipsniai) statistiškai reikšmingai skiriasi nuo gretimų taškų (kai atkarpos ilgis 5 ir 10 laipsnių). Iš 4.1 lentelėje pateiktų p-reikšmių matome, kad 7 laipsnių kampinio ilgio atkarpos padalinimo tikslumas statistiškai reikšmingai skyrėsi nuo 10 laipsnių kampinio ilgio atkarpos padalinimo tikslumo, tačiau nesiskyrė nuo 5 laipsnių kampinio ilgio atkarpos.

Antros tiriamųjų grupės Mann-Whitney U ir p-reikšmės pagal Mann-Whitney kriterijų pateiktos 4.2 lentelėje.

4.2 lentelė. Mann-Whitney U ir p-reikšmė¹ gauta lyginant antros tiriamųjų grupės atkarpų dalių santykius.

| Lyginamų atkarpų ilgiai, laipsniais | Mann-Whitney U reikšmė | p-reikšmė ¹ |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|
| 5-7 | 123046,0 | 0,522 |
| 7-10 | 78886,0 | 0,000* |
| 10-13 | 93134,5 | 0,000* |
| 13-15 | 88319,5 | 0,000* |

¹skaičiuota pagal Mann-Whitney kriterijų

Statistiškai reikšmingo skirtumo negauta tik lyginant 5 ir 7 laipsnių kampinio ilgio atkarpos dalių santykius. Tuo tarpu visi kiti atkarpos dalių santykiai lyginant gretimų atkarpų ilgių poromis (7-10, 10-13, 13-15) tarpusavyje skiriasi statistiškai reikšmingai.

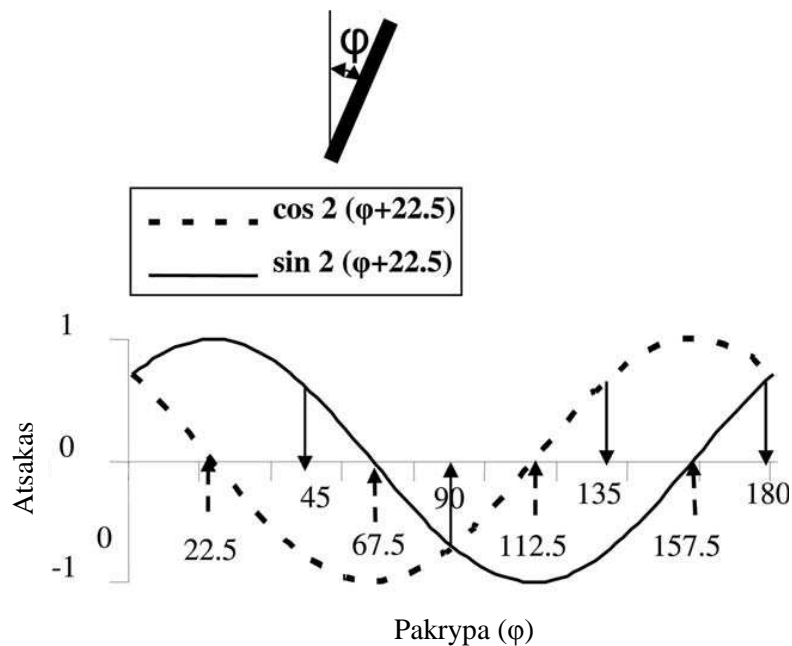
Iš 4.2 lentelėje pateiktų p-reikšmių matome, kad atkarpos dalių santykio sumažėjimas (kreivės lūžio taškas – ekstremumas), kai atkarpa buvo 13 laipsnių kampinio ilgio statistiškai reikšmingai skyrėsi ir nuo 10, ir nuo 15 laipsnių kampinio ilgio atkarpų padalinimo tikslumo.

5. REZULTATŲ APTARIMAS

5.1. Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: tilt after efektas

TAE efekto dydis skiriasi priklausomai nuo adaptacinių tiesių polinkio. Gauta, kad mažiausias TAE, kai tiriamasis turėjo vertinti $22,5^\circ$ polinkio tiesę. Kyla klausimas, kaip paaiškinti tokius rezultatus?

Keliame hipotezę, kad mūsų regos sistemoje yra du detektoriai, atsakingi už tiesės polinkio suvokimą. Tegul vieno iš detektorių aktyvumas yra dvigubo kampo $\sin 2(\varphi + 22,5^\circ)$, o kitas $\cos 2(\varphi + 22,5^\circ)$ funkcijos. Šių neuronų atsakų priklausomybė nuo tiesės pakrypos parodyta 5.1 paveiksle.



5.1 pav. Dviejų neuronų atsakų priklausomybė nuo tiesės pakrypos φ . Ištisinė kreivė - neurono su sinusine jautrio funkcija, o punktyrinė - su kosinusine.

Šiuo atveju tiesės, kurios pakrypa lygi nuliui, aktyvuos abu neuronus vienodai, o $22,5^\circ$ pakrypos tiesė sužadins maksimaliai tik sinusinės

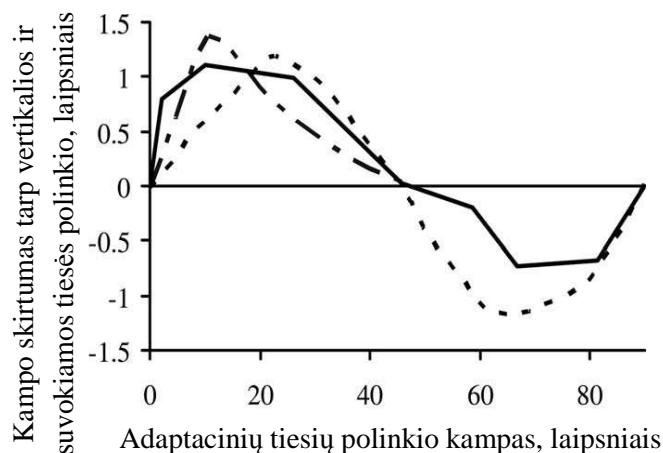
charakteristikos neuroną. Jei žmogus adaptuojasi prie kokio nors tiesės polinkio, tai detektorių aktyvumas tam tiesės polinkiui sumažėja.

Pagal šią hipotezę, jei vienas iš detektorių nežadinamas (pavyzdžiui, kosinusinę charakteristiką turintis neuronas), tai jo jautrumas laike nekinta, t.y. nėra adaptacijos ir vektoriaus pakrypa adaptacijos metu nekinta. Kinta tik jo ilgis arba modulis, tačiau suvokiama tiesės pakrypa nekinta. Taigi, nebus normalizacijos efekto.

Po adaptacijos $22,5^\circ$ pakrypos tiesė sužadins tik vieną neuroną, nepriklausomai nuo adaptacinės tiesės pakrypos. Taigi, šios tiesės suvokiama pakrypa nepriklausys nuo adaptacijos, t.y. nebus TAE.

Kitos tiesės, kurių pakrypos 0° ir 45° , sužadina abu neuronus vienodai ir adaptacijos metu jų atsakas kis vienodai (atsakų santykis ir vektoriaus orientacija nekis). Taigi šių tiesių suvokiama pakrypa adaptacijos metu neturėtų kisti - normalizacijos efekto nebus. Tačiau šių tiesių suvokiama pakrypa labai priklausys nuo adaptacijos į prieš tai matomos tiesės. Šis poveikis bus maksimalus, jeigu žmogus ilgą laiką stebės tiesę pakrypusia $22,5^\circ$ kampu, kadangi ši tiesė žadins tik vieną neuroną. Dėl to mažės tik vieną vektoriaus komponentė, o kita bus nepakitusi. Tai ir matome 5.1 pav.

Dabar galima būtų kiekybiškai įvertinti, kaip kinta vertikalios tiesės suvokiama pakrypa priklausomai nuo adaptacinės tiesės pakrypos. Tam reikia paskaičiuoti kampą tarp vektorių, kurie koduoja vertikalią tiesę prieš ir po adaptacijos. Suvokiamos vertikalios tiesės pakrypa šiuo atveju bus lygus pusei paskaičiuoto kampo. Ši priklausomybė jau buvo paskaičiuota kitų autorių (Fomin et al., 1979) ir jų rezultatai parodyti 5.2 paveiksle. Šiame paveiksle abscisių ašyje yra adaptacinės tiesės pakrypa, o ordinačių ašyje suvoktas vertikalios pakrypos pokytis.

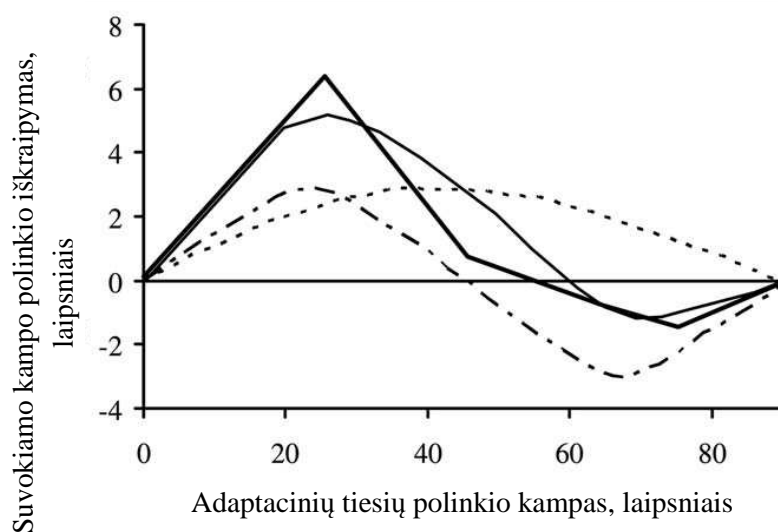


5.2 pav. Adaptacijos įtaka vertikalios tiesės suvokimui. Ištisinė linija žymi Gibson (1933) ir Gibson ir Radner (1937 a,b) gautus rezultatus. Punktyrinė su taškeliais linija žymi Campbell ir Maffei (1971) rezultatus. Punktyrinė linija žymi teorinius modelio rezultatus.

Kaip matome skaičiavimo rezultatai tik kokybiškai gali paaiškinti gautus kitų autorių eksperimento rezultatus. Ar galima būtų sumažinti skirtumus? Kas dar galėtų įtakoti TAE? Sekuler ir Littlejohn (1974) tikrino hipotezę, ar galima TAE paaiškinti taip vadinamu pakrypos simultaniniu kontrastu, dėl kurio smailūs kampai suvokiami didesni, o buki - mažesni. Jų eksperimente adaptacinė tiesė buvo rodoma prieš vertikalios tiesės pateikimą. Vertikalią tiesę galima buvo rodyti su tam tikru užvėlinimu Δt po adaptacinės tiesės. Jie matavo, kaip priklausė vertikalios tiesės suvokiamas polinkis nuo vėlinimo laiko Δt . Jie parodė, kad kuo mažesnis užvėlinimo laikas tuo didesnė adaptacinės tiesės įtaka. Autorių nuomone adaptacinė tiesė dingsta neiškarto, jos pėdsakas dėl inercijos tam tikrą laiką lieka regos sistemoje ir jis sąveikauja su rodoma vertikalia tiese (simultaninis kontrastas). Tačiau autoriai neįvertino, kad TAE efektas lygus nuliui, kai adaptacinė tiesė sudaro 45° kampą su vertikalia. Tuo tarpu simultaninis kontrastas dingsta tik tuomet, kai šis kampas lygus 90° . Dėl šios priežasties minėtų autorių aiškinimas nebuvo priimtas. Tačiau galima manyti, kad šis efektas gali įtakoti TAE. Jeigu priimti šią

hipotezę, tai stebimas TAE yra suminis adaptacijos ir simultaninio kontrasto efektas. Norėdami patikrinti šią hipotezę pabandėme susumuoti dvi funkcijas, iš kurių viena aprašo TAE, o kita pakrypų simultaninį kontrastą. Abi priklausomybės atskirai buvo paskaičiuotos darbe (Fomin et.al, 1979). Beliko tik įvertinti jų suminį poveikį. Rezultatas pateiktas paveiksle 5.3.

Paveiksle pavaizduoti teoriniai vertikalios teisės vertinimo rezultatai atsižvelgiant į simultaninį kontrastą ir adaptaciją, ir eksperimento metu gauti rezultatai.



5.3 pav. Simultaninio kontrasto ir adaptacijos įtaka suvokiamam testinės tiesės polinkiui. Punktų linija pažymėta šoninio slopinimo įtaka suvokiamam tiesės polinkiui. Adaptacijos įtaka suvokiamam tiesės polinkiui pažymėta punktų linija su taškeliais linija. Plona ištisinė linija pažymėta teoriškai paskaičiuoti rezultatai. Ištisinė stora linija pažymėti eksperimento metu gauti rezultatai.

Iš 5.3 paveikslo matome, kad eksperimento metu gauti rezultatai yra tarsi teorinių adaptacijos ir simultaninio kontrasto rezultatų suma.

Taigi, gauti rezultatai leidžia daryti prielaidą, kad suvokiama tiesės orientacija priklauso tik nuo dviejų neuronų atsakų santykio. Literatūroje

priimta tvirtinti, kad suvokiama orientacija priklauso nuo žymiai didesnio neuronų detektorių atsakų, t.y. orientacijos vektorius yra didelio matiškumo.

Kyla klausimas ar yra duomenų, kad du pakrypai selektyvūs neuronai turi tokias jautrio charakteristikas: $\sin 2(\varphi + 22,5^\circ)$, o kitas $\cos 2(\varphi + 22,5^\circ)$. Neseniai pasirodė D. Fosterio ir jo kolegų psichofizikiniai darbai (Foster, Ward, 1991; Foster, Westland, 1998) kur parodoma, kad tiesės pakrypos suvokimą galima aiškinti 2 neuronų atsakų santykiu. Be to, jų optimalios pakrypos yra lygios $\pm 22,5^\circ$, $112,5^\circ$. Kadangi neuronai negali perduoti neigiamų signalų, tai vietoj vieno "sinusinio" ir "kosinusinio" neuronų turi būti du neuronai, iš kurių kiekvienas perduos tik teigiamą signalą. Įvertinus tai, galima parodyti, kad pasirinktos neuronų jautrio charakteristikos yra artimos D. Fosterio neuronų charakteristikoms.

5.2. Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: normalizacijos efektas

Tyrimo rezultatai rodo, kad adaptuojantis prie tam tikro polinkio tiesės suvokiamas jos polinkis arba sukasi link 0° , 45° , 90° tiesių, arba adaptuojantis prie $22,5^\circ$ ir $67,5^\circ$ jų suvokiamas polinkis beveik nekinta. Tarkime tiesės polinkiui yra jautrūs keli detektoriai. Ilgai žiūrint į tam tikros tiesės polinkį keičiasi tam polinkiui jautrių detektorių jautrumas/aktyvumas – su laiku jis mažėja. Žinoma, kad horizontaliam ir vertikaliam teisės polinkiui jautrių detektorių yra daugiau negu 45° , taigi statistiškai, ilgai stebint kokio nors polinkio tiesę jos suvokiama orientacija turėtų keistis link vertikalios arba horizontalios, nes detektorių, jautrių šioms orientacijoms yra daugiausiai. Tačiau pagal mūsų modelį nebūtinai taip yra. Literatūroje pateikta teorija paaiškintų TAE, tačiau nepaaiškintų normalizacijos efekto. Tuo tarpu dviejų detektorių pagalba galima paaiškinti abu fenomenus.

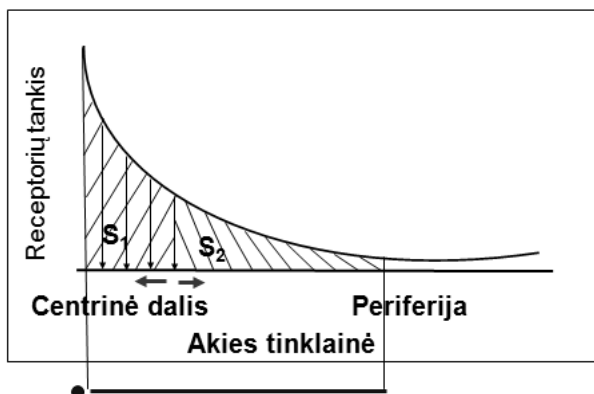
5.3. Atkarpos dydžio suvokimo priklausomai nuo atkarpos projekcijos vietos akies tinklainėje

Tiriamieji dalindami atkarpas į dvi subjektyviai lygias dalis darė paklaidas – atkarpos dalis A, esanti prie fiksacijos kryželio buvo nustatyta realiai mažesnė, nei likusi atkarpos dalis B, t.y. atkarpos dalių santykis $A/B < 1$. Tai reiškia, jog atkarpos dalį A, jie suvokė didesnę, o atkarpos dalį B mažesnę, negu jų esamas fizinis ilgis. Nors šie faktai jau senai aprašyti literatūroje (Пиже, 1978; Вюрпило, 1978; Georgeson, 1980), lieka neaišku, ar santykis (A/B) yra pastovus, ar jis kinta ir priklauso nuo atkarpos atvaizdo vietos tinklainėje. Yra bandymų susieti atkarpos ilgio suvokimo ypatybes su taip vadinamu žieviniu didinimo faktoriumi (ŽDV) (Daniel, Whitteridge, 1961; Schwartz, 1994). Jau parodyta, kad centrinė tinklainės dalis siunčia signalus į didesnę regimosios žievės plotą, negu periferinė tinklainės dalis. Kadangi daroma prielaida, kad suvokiama atkarpos dalis tuo didesnė, kuo didesnis yra jos atvaizdas (projekcija) regimojoje žievėje, tai vienodo ilgio atkarpų atvaizdai tinklainės centre ir periferijoje bus suvokiami ne vienodo ilgio - pirmoji atkarpa bus suvokiama ilgesnė, negu antroji. Tačiau ŽDF galioja tik centrinei (fovea) daliai (Florack et al, 1999; Koenderink, 1994). Be to, neaišku, ar subjektyvus iškreipimai vienodi visoje centrinėje akies tinklainės dalyje (fovea dalyje), t.y ar santykis (A/B) yra pastovus.

Teorinis modelis remiasi prielaida, kad taškinio objekto (ar šviesos centro) padėtis RL arba fragmente nustatoma iš 4 neuronų atsakų su Gaboro svorio funkcijom (Sokolov, Vaitkevicius, 1989; Sekular, Blake, 2002, Fleet et al, 1996): $x_1(\alpha) = a(\rho) \sin \lambda\alpha$, $x_2(\alpha) = a(\rho) \cos \lambda\alpha$, $x_3(\beta) = a(\rho) \sin \lambda\beta$, $x_4(\beta) = a(\rho) \cos \lambda\beta$, čia α ir β čia horizontalus ir vertikalus objekto regimieji kampai, o λ - konstanta, kuri priklauso nuo fragmento arba RL dydžio, $a(\rho)$ - yra Gauso centro atstumas (ρ) nuo RL centro. Kadangi mūsų stimulus yra horizontali atkarpa, tai laikysime, kad kinta tik horizontalus regėjimo kampas ir toliau nagrinėsime tik dviejų neuronų atsakus, kurie yra dvimačio vektoriaus komponentės: $E(\alpha) = a(\rho)(\sin \lambda\alpha, \cos \lambda\alpha)$. Pagal anksčiau pasiūlytą modelį

atstumas tarp dviejų taškų, kurių koordinatės yra α_1 ir α_2 RL yra proporcingas kampui tarp $E(\alpha_1)$ ir $E(\alpha_2)$, t.y. $\Delta = \text{arc cos}(E(\alpha_1), E(\alpha_2)) = \text{arc cos} \lambda(\alpha_2 - \alpha_1) = \lambda(\alpha_2 - \alpha_1)$. Sistemos jautrumas didės, didėjant šiam kampui, kuris negali būti didesnis negu 180° , kadangi didinat atstumą kampas tarp vektorių pradės mažėti. Taigi turime $0 \leq \lambda(\alpha_2 - \alpha_1) \leq \pi$. Atstumas tarp dviejų taškų bus maksimalus, kai taškai bus priešinguose RL kraštuose. Jeigu RL yra skritulio formos, tai maksimalus atstumas bus lygus apskritimo diametrai D . Vadinasi turime: $\max(\lambda(\alpha_2 - \alpha_1)) = \lambda c D = \pi$, ir $\lambda = \pi / c D$, čia c - konstanta. Kaip matome kuo mažesnis RL, tuo didesnė λ reikšmė. Remiantis šia prielaida, atstumas tarp taškų, esančių skirtinguose RL pusėse, bus suvokiamas vienodas, nors fiziškai jis bus skirtingas, jeigu kis RL dydis D . Dydis D nusako RL dydį (diametrą), kuris priklausys, kiek receptorių signalų reikia sumuoti, kad patikimai ištraukti signalą iš triukšmų (Hateren, 1992 a,b, 1993, a, b). Jeigu receptorių savybės nesiskirtų, tai receptorių skaičius RL turėtų būti vienodas (šiuo atveju signalas/triukšmo santykis bus vienodas visiems RL), ir RL lauko dydis (reikšmė D) priklausys tik nuo receptorių tankio tinklainėje. Šis santykis kinta. Be to, yra du receptorių tipai: kūgeliai ir lazdelės, kurių savybės skiriasi. Pavyzdžiui, lazdelės yra žymiai jautresnės ir reaguoja į silpną šviesą. Taigi tikėtina, kad lazdelių generuojamame signale trikdžių įtaka bus didesnė negu kūgelių. Skirtingų kūgelių rūšių atsparumas trikdžiams taip pat skiriasi - "raudoni" arba L kūgeliai yra mažiau atsparūs trikdžiams, negu S arba "mėlyni" kūgeliai. Tačiau šiuo metu minėtų dalykų įvertinti dėl žinių stokos negalime, todėl kelsime prielaidą, kad RL dydis priklausys tik nuo receptorių tankio. Didinat atstumą tarp taškų jie projektuosis ne viename RL, bet keliuose gretimuose. Nuotolio įvertinimas priklausys nuo RL dydžio (t.y. nuo receptoriaus tankio). Žinoma, kad vienodas akies tinklainės receptorių skaičius siunčia informaciją į vienodus smegenų žievės plotelius, o vienodi smegenų žievės ploteliai yra suvokiami vienodai. Mūsų atveju dalinama atkarpa projektuojama tinklainėje sužadina receptorius, kurie priklausys skirtingiems RL-ams, sekos. Kuo ilgesnė atkarpa, tuo ilgesnė RL ir receptorių seka. Taigi pagal labai supaprastintą modelį, norint surasti suvokiamą atkarpos vidurį,

buvo ieškoma tokia atkarpos vieta, kuri receptorių skaičių dalintų į dvi lygias dalis, kurios ir turėjo būti suvokiamos, kaip esančios lygios. Matematiškai reiktų rasti figūros, apribotos tankio funkcija, abscisių ir ordinačių ašimis tašką abscisių ašyje, kuris figūros plotą dalintų į dvi lygias dalis. Pagal 5.4 paveiksle pateiktą schemą, ieškomas toks taškas abscisių ašyje, kur $S_1=S_2$.



5.4 pav. Schema, aiškinanti teorinio modelio principą. y ašyje atidėtas teorinis receptorių tankio kitimas priklausomai nuo vietos akies tinklainėje, x ašyje – vieta akies tinklainėje. Po grafiku pažymėta, kurioje akies tinklainės dalyje turėtų projektuotis fiksacijos taškas ir atkarpa. Rodyklytėmis pažymėta kryptys, kuriomis stumdomas teorinis žymeklis dalinantis atkarpą į dvi lygias dalis. Ieškomas toks taškas x ašyje, kuris užbrūkšniuotą plotą dalintų į dvi lygias dalis $S_1=S_2$ (kitaip tariant ieškoma tokia vieta akies tinklainėje, kuri receptorių tankį dalintų į dvi lygias dalis).

Tokius skaičiavimus galime atlikti, nes žinome, kur akies tinklainėje projektuojasi atkarpa. Kadangi tyrimo metu tiriamieji turėjo fiksuoti žvilgsnį į fiksacijos tašką, tai atkarpos dalis, esanti šalia fiksacijos taško projektuojasi į fovea, toliau esanti atkarpos dalis projektuojasi į periferiją.

Žinoma, kad bendras receptorių tankio kitimas nėra monotoninė funkcija: tinklainės centre receptorių - kūgelių tankis yra didelis, Toliau nuo centro jis mažėja, bet tuo pačiu didėja lazdelių skaičius ir jų tankis. Maždaug apie 5-7

laipsnius nuo centro receptorių tankis vėl pradeda didėti. Didėjimas stebimas iki 20 laipsnių. Jeigu receptorių tankis įtakoja atkarpos ilgio suvokimą, tai mažėjant receptorių tankiui to paties fizinio ilgio atkarpa turėtų būti suvokta mažesnė. Kai receptorių tankis vėl pradeda didėti, ta pati atkarpa vėl turėtų būti suvokiama didesnė. Siekiant patikrinti šią hipotezę buvo suformuluotas antras šio darbo uždavinys. Nežinant, kaip kinta RL dydžiai tostant nuo akies tinklainės centro, kai kinta ir receptorių tipai, tiksli teorinė ilgio suvokimo įžvalga negalima. Tačiau galima patikrinti, ar tikrai ilgio suvokimo pobūdis kinta ten, kur receptorių tankis pasiekia minimumą ir vėl pradeda didėti.

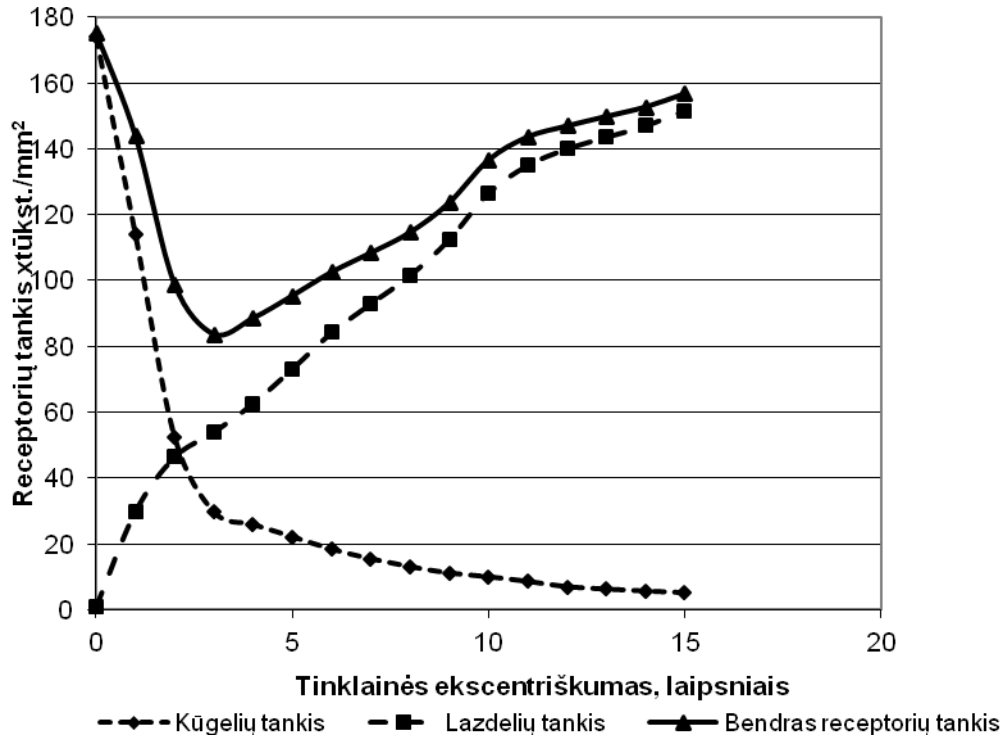
Pagal mūsų gautus rezultatus (žiūr. 4.24 ir 4.25 pav.) matome, kad santykis A/B nėra pastovus, t.y. didinant dalinamos atkarpos bendrą ilgį, A ir B atkarpų ilgių suvokimas kinta neproporcingai, nes suvokiamų atkarpų dalių ilgių santykinis skirtumas kinta. Kalbant apie šių iškraipymų prigimtį, reiktų paminėti Brown (1953) eksperimentus, kurių metu nustatyta, kad to paties ilgio atkarpos dalinimas į subjektyviai dvi lygias dalis, kinta laike, atliekant pakartotinius dalinimus. Tačiau stebimi "adaptaciniai" santykio pokyčiai yra maži (neviršija 1-2 min. regimojo kampo) ir jie yra monotoniniai. Mūsų bandymuose nustatyti pokyčiai yra kelis kart didesni už aprašytus "adaptacinius" ir be to, jie nėra monotoniniai: kol atkarpos atvaizdai yra centrinėje tinklainės dalyje (atkarpos yra santykinai trumpos) santykis mažėja, o po to jis pradeda didėti. Priklausomai nuo funkcijos $A/B=f(l)$ pobūdžio tiriamieji buvo suskirstyti į dvi dalis. Pirmoje pačioje skaitlingiausioje tiriamųjų grupėje, funkcija $f(l)$ turėjo minimumą, dalinant 7 laipsnių regimojo kampo (arcdeg) tiesę. Iš pradžių intervale ($l = 5 \div 7$ arcdeg) A/B santykis nežymiai mažėjo, o po to gana staigiai didėja, artėja prie 1 (dalinimo sisteminė paklaida mažėja, t.y. abiejų nustatytų atkarpų ilgių skirtumas santykinai mažėja) (4.24 pav.). Antroje tiriamųjų grupėje funkcijoje $A/B=f(l)$ minimumas stebimas, kai dalinamos tiesės ilgis buvo 13 laipsnių regimojo kampo (arcdeg) ilgio. Šiuo atveju (5-7 ilgių intervale) santykis A/B , kaip ir anksčiau nežymiai kito, tačiau ilginant atkarpos ilgį šis santykinis staigiai pradeda mažėti, ir jis pasiekia minimumą, esant dalinamos tiesės ilgiui lygiam apie 13 laipsnių

regimojo kampo. Toliau ilginant tiesę šis santykis vėl pradeda didėti (4.25 pav.).

Pagal ŽDF atkarpos dalių santykio A/B priklausomybės nuo atkarpos ilgio ekstremumo neturėtų būti, kadangi kūgelių tankis nuo fovea į periferiją visą laiką mažėja. Tačiau bendras receptorių tankis kinta netolygiai (5.7 pav.). Galime kelti prielaidą, kad dalinant atkarpą svarbu ne tik kūgelių, bet ir lazdelių tankis akies tinklainėje. Kodėl kūgelių ir lazdelių įtaka gali skirtis? Yra žinoma, kad lazdelės yra žymiai jautresnės, negu kūgeliai. Dėl šios priežasties lazdelių atsakams atsitiktiniai trikdžiai gali turėti didesnę įtaką, negu kūgeliams. Norint išskirti signalą iš triukšmų, reikia sumuoti signalus iš didesnio lazdelių skaičiaus, negu reikalingų tam kūgelių skaičiaus (van Hateren, 1992). Taigi, vienas regimosios žievės neuronas, kuris nustato, koks yra lokalus tinklainės apšvietimas turėtų sumuoti signalus iš didesnio lazdelių skaičiaus. Dėl to neuronas, gaunantis signalus iš lazdelių, sumuos signalus iš didesnio tinklainės ploto, negu neuronas gaunantis signalus iš kūgelių. Tai reikštų, kad tinklainės sritis, kur yra lazdelės siunčia signalus į mažesnius regimosios žievės sritys negu kūgeliai. Be to, lazdelių tankis centrinėje tinklainės dalyje yra mažas ir jis didėja į periferiją (žiūr. 5.7 paveikslą - kvadratais pažymėta punktyrinė linija). Kūgelių tankio kitimas yra priešingas (žiūr. 5.7. pav. - rombais pažymėta punktyrinė linija) – centrinėje akies tinklainės dalyje jis yra didžiausias, toliau į periferiją tolygiai mažėja. Remiantis aukščiau pateiktais pastebėjimais, galima manyti, kad dvi paties to ilgio atkarpos, kurių atvaizdai yra kūgelių ir lazdelių tinklainės srityse bus suvokiami skirtingai - atvaizdai kūgelių srityse bus suvokiami didesni, negu tokie patys atvaizdai lazdelių srityse.

Remiantis aukščiau pateiktais pastebėjimais ir įvertinus kūgelių tankio mažėjimą tostant nuo tinklainės centro, galima daryti išvadą, kad atkarpos dalis esanti arčiau fiksacijos centro turėtų būti suvokiama didesnė, negu jos dalis toliau nutolusi nuo centro. Šis dėsningumas turėtų galioti tik toje tinklainės dalyje, kur yra didelis kūgelių skaičius. Kadangi beveik visi kūgeliai yra išdėstyti koncentriškai aplink centrą 6-8 regimojo kampo srityje 5.5

paveikslą, fotoreceptorių suma paskaičiuota naudojant Sekular, Blake (2002) duomenis), tai aptarta priklausomybė turėtų galioti tol, kol dalinamos tiesės ilgis neviršys 6-8 regimojo kampo.



5.5 pav. Receptorių tankio pasiskirstymas akies tinklainėje.

Fotoreceptorių suma paskaičiuota naudojant Sekular, Blake (2002) pateiktus duomenis.

Esant ilgesnėm atkarpoms jų atvaizdai (bent dalis jų yra srityje, kur vyrauja lazdelės. Centrinėje akies tinklainės dalyje lazdelių tankis – mažas, o po to, tolstant nuo centro, jų tankis didėja (iki 20 laipsnių regimojo kampo - Sekular, Blake, 2002). Dėl lazdelių tankio kitimo centrinė atkarpos dalis turėtų būti suvokiama trumpesnė, negu to paties ilgio atkarpa daugiau nutolusi nuo centro, t.y. tiriamasis turėtų atkarpą A pailginti, o B - atkarpa sutrumpinti ir santykis $A/B > 1$. Tokiu būdu, bandyme matuojamas santykio pobūdis turėtų keistis, ilginant atkarpą, kai atkarpa (arba jos dalis) projektuojasi į tinklainės lazdelių sritį. Tai turėtų įvykti apie 6-10 laipsnių regimojo kampo. Kaip

matēm, apie 66,7% tiriamųjų (A/B) santykis kitimo pobūdis neprieštaruja šiom išvadom. Tačiau (5 tiriamiesiems – 16,7%) santykio (A/B) lūžio taškas yra toliau nuo centro, nei prognozuojamas lūžio taškas. Kodėl taip yra? Galima paminėti kelias hipotezes, kodėl taip galėtų būti.

- Visu pirma tiriamasis realiai fiksuoja žvilgsnį ne ties kryželiu, o jo žvilgsnis pasislinkęs link kito dalinamos atkarpos galo. Preliminarių bandymų su trimis tiriamaisiais rezultatai, registruojant akių judesius, neprieštaruja šiai hipotezei. Bandymuose parodyta, kad tiriamieji pasirinkdami fiksacijos tašką, nesąmoningai gali nukreipti akis, kad taško atvaizdas bus ne tinklainės centre. Buvo paskaičiuota, kokiose ribose dalinant atkarpą ir nuolat fiksuojant žvilgsnį į fiksacijos kryželį, juda akis. Rezultatai pateikti 5.1. lentelėje.

5.1. lentelė. Trijų tiriamųjų akies judesių dydžiai fiksuojant žvilgsnį į fiksacijos kryželį atkarpos dalinimo metu.

| Tiriamasis | Atstumas, kuriuo pajuda akis horizontaliai esant žvilgsnio fiksacijai, laipsniais | Atstumas, kuriuo pajuda akis vertikaliai esant žvilgsnio fiksacijai, laipsniais |
|------------|---|---|
| AD | 0,77 | 2 |
| AS | 1,6 | 1,6 |
| DR | 2,63 | 2,63 |

5.1. lentelėje pateikti atstumo dydžiai yra apytiksliai. Detaliau, kaip juda kiekvieno tiriamojo akis, pateikta pirmame priede esančiuose paveiksluose. Iš pateiktų rezultatų matome, kad akies judesiai tarp tiriamųjų skiriasi savo dydžiu – paprastai tai yra grafike matomas debesėlis aplink fizinį fiksacijos kryželį, tačiau tas debesėlis nebūtinai yra taisyklingos formos. Kaip matome tiriamojo AD akių judesiai vertikaliai buvo daugiau negu dvigubai didesni nei horizontaliai. Prisimenant atkarpos dalinimo tyrimo rezultatus, antrosios tiriamųjų grupės atkarpos dalių santykio kreivės minimumas buvo kai atkarpos ilgis 13 laipsnių (4.25 pav.). Kadangi akys judėjo gana nemažame plote apie fiksacijos kryželį, tai galėjo įtakoti rezultatus ir galima kelti prielaidą, kad antrosios grupės tiriamiesiems buvo sunku fiksuoti žvilgsnį, todėl jų atkarpos

dalių santykių kreivės minimumas „pasislinko“. Tačiau šiai prielaidai patvirtinti reikia išsamesnių tyrimų.

- Antra lieka neaišku kokia yra lazdelių ir kūgelių įtaka suvokiant atkarpos ilgį. Ilga atkarpa projektuojasi tiek į sritį, kur yra tik kūgeliai, arba tik lazdelės, tiek į sritį kur yra abiejų tipų fotoreceptorai. Atkarpos ilgio suvokimas gali priklausyti nuo kūgelių ir lazdelių svorio, nustatant suminio atkarpos dalių santykio (A/B) reikšmę.

Suprantama, kad yra galimybė, kad abu šie veiksniai gali įtakoti aprašytų bandymų rezultatus.

Penkių tiriamųjų duomenys nebuvo analizuoti, kadangi jų atkarpos dalių santykio A/B priklausomybės nuo atkarpos ilgio kreivės pobūdis neturėjo aiškios kitimo tendencijos, skirtingai nuo pirmų dviejų tiriamųjų grupių. Gali būti, kad šiems tiriamiesiems buvo sunku fiksuoti žvilgsnį į fiksacijos kryželį visos bandymo serijos metu.

Kyla klausimas kuo gauti duomenys gali būti svarbūs, aiškinant regimosios erdvės suvokimą? Kaip žinoma objektų atvaizdų dydžiai tinklainėje priklauso nuo jų atstumo iki stebėtojo. Tolimesnių objektų atvaizdai tinklainėje bus mažesni, negu tokių pat dydžio artimesnių objektų atvaizdai tinklainėje. Tačiau žinoma, kad žmogus to paties dydžio objektus sugeba suvokti vienodo dydžio, nepriklausomai nuo to, kokiam atstume šie objektai yra nuo stebėtojo, t.y. nepriklausomai nuo to kokio dydžio objektų atvaizdai yra tinklainėje (konstantinis dydžio ir nuotolio suvokimo efektas). Buvo mėginama šį konstantinį suvokimą aiškinti patirtimi, išmokimu, tačiau to padaryti nepavyko (Вюрпило, 1978). Manoma, kad šiam reiškiniui turi įtakos įgimtos regos sistemos fiziologinės savybės. Remiantis gautais duomenimis galima tvirtinti, kad centrinė regimojo lauko dalis, kuri projektuojasi (atvaizduojama) į centrinę tinklainės sritį subjektyviai išdidinama, lyginant su periferine dalimi, kuri projektuojasi į periferinę tinklainės sritį. Taigi, jeigu žmogus nukreips žvilgsnį į tolimesnį objektą jo atvaizdas bus tinklainės centre ir jis bus suvokiamas didesnis. O artimesnių objektų atvaizdai tinklainėje šiuo atveju bus periferijoje ir jų suvokiamas dydis bus sumažintas. Taigi, dėl šios priežasties projekciniai

iškraipymai bus kompensuojami. Kaip parodė mūsų skaičiavimai (Dzekevičiūtė, 2007), pilna projekcinių iškreipymų kompensacija bus galima tik tam tikroje regimosios erdvės dalyje, kurios padėtis priklausys nuo santykio (A/B) pobūdžio.

Iki šiol tiriama, kokią įtaką erdvės suvokimui turi subjektyvūs iškreipymai susiję tik su tinklainės fovea (Schwartz, 1994), o periferijos įtaka - netiriama. Žinant ir periferijos subjektyvių iškreipymų įtaką erdvės suvokimui, galima būtų prognozuoti, kaip žmogus suvoks atstumus tarp objektų, esant įvairiom situacijom, kai jis fiksuoja žvilgsnius į atskirus objektus. Tai turi didelę praktinę reikšmę, kai svarbu greitai įvertinti atstumus tarp regimųjų objektų, taip pat į tai būtina atsižvelgti architektūroje (jau senovės graikai, remiantis empirinėmis žiniomis į tai atsižvelgdavo).

Šiuo metu žmogus priverstas dirbti, esant mezopinei apšvietai (pavyzdžiui vakare vairuojant automobilį). Šiuo atveju funkcionuoja tiek lazdelės, tiek kūgeliai. Atsižvelgiant į tai, kad santykis (A/B) priklausys nuo to kokie fotoreceptoriai funkcionuoja, tai suvokiamas atstumas tarp objektų, esant mezopinei apšvietai, skirsis nuo suvokimo, esant fotopinei ir skotopinei apšvietai. Tai vairuojant svarbu įvertinti.

6. IŠVADOS

1. Patvirtinta, kad adaptacija tiesių pakrypai keičia suvokiamą tiesės pakrypą – testinės tiesės suvokiama pakrypa sukasi taip, kad susidarytų kuo didesnis kampas tarp adaptacinių ir testinės tiesės pakrypų. Tyrimo metu nustatyta, kad mažiausias liekamasis adaptacijos poveikis, kai testinės tiesės polinkis buvo 22,5 laipsniai.

2. Patvirtinta, kad ilgai stebint tiesę, keičiasi jos suvokiama pakrypa (normalizacijos efektas). Suvokiama tiesės pakrypa sukasi link artimiausių 0, 45 ir 90 laipsnių pakrypų. Tiesės, kurių polinkis yra artimas 22,5° ir 67,5° adaptacijos metu suvokiamos nekintančiomis, bet dėl atsitiktinių poveikių jų suvokiama pakrypa yra nestabili - jos subjektyviai sukasi link artimesnių tiesių arba (0° ir 45°) arba (45° ir 90°).

3. Liekamojo adaptacijos poveikio ir normalizacijos efektus galima paaiškinti hipotetiniu modeliu, kuris aprašo tik dviejų detektorių, kurių atsakai, kaip pakrypos kampo φ funkcija, aprašoma $\sin 2(\varphi+22,5^\circ)$ ir $\cos 2(\varphi+22,5^\circ)$.

4. Nustatyta, kad esant fiksuotam žvilgsniui žmogus padalina atkarpa nelygiai – atkarpos dalis, esanti prie fiksacijos taško nustatoma mažesnė nei likusi atkarpos dalis, kadangi suvokiama didesnė. Atkarpos padalinimo sisteminė paklaida kinta nemonotoniškai ir priklauso nuo atkarpos ilgio. Tam tikro ilgio atkarpos (vienai grupei tiriamųjų 7 laipsnių regimojo kampo, kitai – 13) žmogus padalina su didžiausia sistemine paklaida. Toliau dalinimo tikslumas gerėja.

5. Atkarpos padalinimo tikslumui įtakos turi bendras tinklainės, kur yra dalinamos atkarpos atvaizdas, receptorių skaičius, tačiau kūgelių ir lazdelių indėlis skirtingas.

LITERATŪRA

Anderson A. J., Johnston A., Tan S. (2004). How cortical magnification could benefit depth, surface slant and self-motion estimation. Prieiga per internetą:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.123.2957&rep=rep1&type=pdf>> [žiūrėta 2011 m. balandžio 2 d.].

Baddelay R. (1996). An efficient code in VI, *Nature* 381, p. 560–561.

Bednar J.A., Miikkulainen R. (2000). Tilt Aftereffects in a Self-Organizing Model of the Primary Visual Cortex, *Neural Computation*, vol. 12 , p. 1721-1740.

Bishop P. O. (1973). Neurophysiology of binocular single vision and stereopsis, *Handbook of sensory physiology*, ed. R.Jung. Berlin: Springer Verlag, Vol 7/3A, p. 255-305.

Bishop P. O. (1989). Vertical disparity, egocentric distance and stereoscopic depth constancy: a new interpretation, *Proceedings of the Royal Society of London*, vol. 237, p. 455-469.

Bishop P. O., Pettigrew J. D. (1986). Neural mechanisms of binocular vision, *Vision Research*, vol. 26, p. 1587-1600.

Brown K. T. (1953). Factors affecting differences in apparent size between opposite halves of a visual meridian, *Journal of the Optical Society of America*, vol. 43, p. 464–472.

Bulatov A., Bertulis A., Mickiene L., Surkys T., Bielevičius A. (2011). Contextual flanks' tilting and magnitude of illusion of extent, *Vision Research*, vol. 51, p. 58-64.

Burns, B. D., Pritchard R. (1971). Geometrical illusions and the response of neurons in the cat's visual cortex to angle patterns, *Journal of Physiology*, vol. 213, p. 599-616.

Campbell F., Maffei L. (1971). The tilt after-effect: a fresh look, *Vision Research*, vol. 11, p. 833-840.

Cheng H. D., Jiang X. H., Sun Y., Wang J. (2001). Color image segmentation: advances and prospects, *Pattern Recognition*, vol. 34 (12), p. 2259-2281

Clifford C.W.G., Wenderoth P., Spehar B. (2000). A functional angle on some after-effects in cortical vision, *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, vol. 267, p. 1705-1710.

Clifford C.W.G., Wyatt A.M., Arnold D.H., Smith S.T., Wenderoth P. (2001). Orthogonal adaptation improves orientation discrimination, *Vision Research*, vol. 41, p. 151-159.

Colman A. M. (2006). *Oxford dictionary of psychology*. New York: Oxford University Press Inc.

Daniel P. M., Whitteridge D. (1961). The representation of the visual field on the cerebral cortex in monkeys, *Journal of Physiology*, vol. 159, p. 203–221.

Daugirdiene A., Svegzda A., Satinskas R., Vaitkevicius H. (2010). Detection of the movement direction by the cells with directional receptive fields in the primary visual cortex of the cat, *Health*, vol. 2 (10), p. 1232-1237, Prieiga per internetą <<http://www.scirp.org/journal/HEALTH/>>.

Dragoi V., Sharma J., Sur M. (2003). Response plasticity in primary visual cortex and its Role in Vision and visuomotor Behaviour: Bottom-up and

Top-down influences, *IETE Journal of Research*, vol. 49 (2) , March-April, p. 1-9.

Dragoi, V. Sharma, J., Sur, M. (2000). Adaptation-induced plasticity of orientation tuning in adult visual cortex, *Neuron*, vol. 28, p. 287-298.

Dzekevičiūtė A. (2007). Objektų dydžio suvokimo priklausomybė nuo jų atvaizdų vietos akies tinklainėje. Magistro darbas.

Field D. J. (1994). What is the goal of sensory coding? *Neural Computation*, vol. 6 (4), p. 559–601.

Fleet D. J., Wagner H., Heeger D. J. (1996). Neural Encoding of Binocular Disparity: Energy Models, Position Shifts and Phase Shifts, *Vision Research*, vol. 36 (12), p. 1839-1857.

Florack L., Maas R., Niessen W. J. (1999). Pseudo-linear scale space theory, *International Journal of Computer Vision*, vol. 31 (2/3), p. 247–259.

Fomin S. V., Sokolov E. N., Vaitkevicius H. H. (1979). *Artificial Sense Organs* (in Russian). Moscow: Nauka Press.

Foster D. H., Ward, P. A. (1991). Asymmetries in oriented-line detection indicate two orthogonal filters in early vision, *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, vol. 243, p. 75–81.

Foster D.H., Westland S. (1998). Multiple groups of orientationselective visual mechanisms underlying rapid orientated-line detection, *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, vol. 265, p. 1605–1613.

Georgeson M. A. (1980). Spatial frequency analysis in early visual processing, *Philosophical Transactions of Royal Society of London, series B*, vol. 290, p. 11–12.

Gibson, J.J. (1933). Adaptation, after effect and contrast in the perception of curved line, *Journal of Experimental Psychology*, vol. 16 (1), p. 1-13.

Gibson J.J. (1937). Adaptation, after-effect and simultaneous contrast of curved line, *Journal of Experimental Psychology*, vol. 16, p. 1-13.

Gibson, J.J. (1937). Adaptation, after effect and simultaneous contrast and real restriction of the after-effect, *Journal of Experimental Psychology*, vol. 20 (4), p. 1-13.

Gibson J.J., Radner M. (1937a). Adaptation, after-effect and contrast in the perception of tilted lines. I. Quantitative studies, *Journal of Experimental Psychology*, vol. 20, p. 453-467.

Gibson, J.J., Radner, M. (1937b). Adaptation, after effect and contrast in the perception of tilted lines. *Journal of Experimental Psychology*, vol. 20, p. 553-567.

Hateren J. H. van (1992a). A theory of maximizing sensory information, *Biological Cybernetics*, vol. 68, p. 23-29.

Hateren J. H. van (1992b). Real and optimal neural images, in early vision, *Nature*, vol. 360, p. 68-69.

Hateren J. H. van (1993a), Spatiotemporal Contrast sensitivity of early vision, *Vision Research*, vol. 33 (2), p. 257-267.

Hateren J. H. van (1993b). Three modes of spatiotemporal preprocessing by eyes, *Journal of Comparative Physiology. A Neuroethology Sensory Neural and Behavioral physiology*, vol. 172, p. 583-591.

Hateren J. H. van, Schaaf A. (1998). Independent component filters of natural images compared with simple cells in primary visual cortex, *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, vol. 265, p. 359–366.

Heeley D.W. (1987). Spatial frequency discrimination for sine wave gratings with random, band pass frequency modulations: evidence for averaging in spatial acuity, *Spatial Vision*, vol. 2, p. 317-335.

Hoyer P. O., Hyvärinen A. (2000). Independent component analysis applied to feature extraction from colour and stereo images, *Computation in Neural System*, vol. 11, p. 191–210.

Hubel D. H. (1998). *Eye, brain, and vision*. N.Y.: WH Freeman,

Hubel D. H., Wiesel T. N. (1977). Functional Architecture of macaque monkey visual cortex, *Proceedings of the Royal Society of London B*, vol. 198, p. 1-59.

Ingling C. R., Tsou B. H. P. (1977). Orthogonal combination of the three visual channels, *Vision Research* vol. 17 (9), p. 1075-1082.

Yin H., Allinson N. M. (1995). On the Distribution and Convergence of Feature Space in Self-organizing Maps, *Neural Computation*, vol. 7, p. 1178-1187

Johnson J. (2010). Updating our understanding of perception and cognition: part I. Prieiga per internetą: <<http://uxmatters.com/mt/archives/2010/07/updating-our-understanding-of-perception-and-cognition-part-i.php>>

Johnston A. (1986). Spatial property of the retino-cortical mapping, *Spatial Vision*, vol. 1, p. 319–331.

Johnston A. (1989). The geometry of the topographic map in striate cortex, *Vision Research*, vol. 29, p. 1493–1500.

Klein S.A., Levi D.M. (1985). Hyperacuity thresholds of 1 sec: theoretical predictions and empirical validation, *Journal of the Optic Society of America A*, vol. 2, (7), p. 1170-1190.

Koehler W. Wallach H. (1944). Figural after-effects: an investigation of visual processes, *Proceedings of the America Philosophical Society*, vol. 88 (4), p. 269-375.

Koenderink J. J. (1990). The brain a geometry engine, *Psychological Research*, vol. 52, p. 122–127.

Kumar S., Kmal A.G. (2011). A Modified Algorithm for Theresholding and Detection of Facial Informacinion from Color Images Using Color Centroid Segmentation and Contourlet Transform, *Signal & Image Processing: An International Journal (SIPIJ)* Vol. 2 (2). Prieiga per internetą: <<http://airccse.org/josurnal/sipij/papers/2211sipij12.pdf>>.

Mesulam M.M. (1998). From sensation to cognition, *Brain*, vol. 121, p. 1013-1052

Morgan M.J. (1986). Positional acuity without monocular cues, *Perception*, vol. 15, p. 157-162.

Morgan M.J., Ward R.M., Hole G.J., (1990). Evidence for positional coding in hyperacuity *Journal of the Optic Society of America A*, vol. 7(2), p. 297-304.

Olshauseny B. A., Field D, J. (1996) Natural image statistics and efficient coding, *Computation in Neural Systems* vol. 7, p. 333–339.

Olshauseny B. A., Field D, J. (1997). Sparse Coding with an Overcomplete Basis Set: A Strategy Employed by V1? *Vision Research*, Vol. 37 (23), p. 3311-3325.

Ono H. (1979). Axiomatic summary and deductions from Hering's principles of visual direction, *Perception and Psychophysics*, vol. 25 (6), p. 473-477.

Parker A. J., Yang Y. (1989). Spatial properties of disparity pooling in human stereovision, *Vision Research*, Vol. 29, p. 1525-1538.

Petrauskas V., Vaitkevičius H., Šalkauskas A., Karalius M. (1991). Stereoscopic depth mixture effect revised, *Eksperimentinė biologija*, t. 2 (6), p. 106-117.

Poggio G. F. (1984). The analysis of stereopsis, *Annual Review of Neuroscience*, vol 7, p. 379-412.

Schwartz E.L. (1994). Topographical mapping in primate visual cortex. in *Visual science and engineering (models and application)* (Ed. D.H.Kelly), New York-Basel-HongKong, Marcel Dekker, p. 291-359.

Sekular R., Blake R. (2002). *Perception*. 4 Edition, Caracas: McGraw Hill.

Sekuler R., Littlejohn J. (1974). Tilt after-effect following very brief exposures, *Vision Research*, vol. 14, p. 151-152.

Sokolov E.N., Šatinskas R., Stabinytė D., Pleskačiauskas A., Vaitkevičius P-H., Stanikūnas R., Švėgžda A., (2007), Encoding of stimulus movement parameters in the cat visual system, *Neuroscience and Behavioral Physiology*, vol. 37 (4), p. 395-402.

Sokolov E.N., Vaitkevičius H. (1989). *Neurointelect: from neurons to neurocomputer*. Moskow: Nauka, p. 219.

Suzuki S., Cavanagh P. (1997). Focused Attention distorts visual space: an attentional repulsion effect, *Journal of Experimental Psychology*, vol. 23 (2), p. 443-463.

Toba M.N., Cavanagh P., Bartolomeo P. (2011). Attention biases the perceived midpoint of horizontal lines, *Neuropsychologia*, vol. 49, p. 238-246.

Vaitkevicius H., Viliunas V., Bliumas R., Stanikunas R., Svegzda A., Dzekeviciute A., Kulikowski J. (2009). Influences of prolonged viewing of tilted lines on perceived line orientation: the normalization and tilt after-effect. *Journal of the Optical Society of America. A*. Vol. 26 (7), p. 1553-1563. ISSN:1084-7529 (print), ISSN: 1520-8532 (online).

Vaitkevičius H., Viliūnas V., Švegžda A., Stanikūnas R. (1998). Subjective expansion and contraction of acute angle, *Perception*, vol. 27 (supplement), p. 116.

Vaitkevičius P.H. (2002). *Pojūčiai ir suvokimas*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.

Vidyasagar T. (1985) Genuclate orientation biases as Cartesian coordinates for cortical orientation detectors” in *Models of the Visual Cortex*, (eds Rose D., Dobson V. G.), p. 390–395.

Vidyasagar T., (1987). A model of striate response properties based on geniculate anisotropies, *Biological Cybernetics*, vol. 57, p. 11–23 .

Vidyasagar T. Urbas J., (1992). Orientation sensitivity of cat LGN neurones with and without inputs from visual cortical areas 17 and 18, *Experimental Brain Research*, vol. 46, p. 157–169.

Vidyasagar T., Xing P., Volgushev M. (1996). Multiple mechanisms underlying the orientation selectivity of visual cortical neurons, *Trends in Neuroscience*, vol. 19, p. 272–277.

Virsu V., Hari R. (1996). Cortical magnification, scale invariance and visual ecology, *Vision Research*, vol. 36, p. 2971–2977.

Wandell B.A., Winathan J. (2011). Imaging retinotopic maps in the human brain, *Vision Research*, vol. 51, p. 718-737.

Watt R.J., Morgan M.J. (1985). A theory of the primitive spatial code in human vision *Vision Research*, vol. 25, p. 1661-1674.

Watt R.J., Morgan M.J., (1983). The recognition and representation of edge blur: evidence for spatial primitives in vision, *Vision Research*, vol. 23, p.1465-1477.

Watt R.J., Morgan M.J., (1984.) Spatial filters and the localization of luminance changes in human vision, *Vision Research*, vol. 24, p. 1387-1397.

Watt R.J., Morgan M.J., Ward R.M., (1983). The use of difernt cues in vernier avuity, *Vision Research*, vol. 23, p. 991-995.

Westheimer G, Gee A. (2002) Orthogonal adaptation and orientation discrimination, *Vision Research*, vol. 42, p. 2339–2343.

Westheimer G. (1981). Visual hyperacuity, In *Progress in Sensory Physiology*, V. 1, Berlin: Springer Verlag.

Westheimer G., Levi D. M. (1987). Depth attraction and repulsion of disparate stimuli, *Vision Research*, vol. 27, p. 1361-1368.

Zhang J., Zhang Q., Hu J. (2009). RGB Color Centroids Segmentation (CCS) for Face Detection, *ICGST-GVIP Journal*, vol. 9 (2). Prieiga per internetą: <<http://www.icgst.com/gvip/volume9/Issue2/P1150843440.pdf>>.

Вюрпило Э. (1978). Восприятие пространства, *Экспериментальная психология*, Под ред. П. Фресс, Ж. Пиаже. Вып. VI. Москва: Прогресс. С. с. 136–236.

Пиаже Ж. (1978). Генезис Восприятия, *Экспериментальная психология*, Под. ред. П. Фресс, Ж. Пиаже. Вып. VI. Москва: Прогресс, с. 14–87.

STRAIPSNIŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS

Vaitkevicius H., Viliunas V., Bliumas R., Stanikunas R., Svegzda A., **Dzekeviciute A.**, Kulikowski J. (2009). Influences of prolonged viewing of tilted lines on perceived line orientation: the normalization and tilt after-effect. *Journal of the Optical Society of America. A*. Vol. 26, No. 7: 1553-1563. ISSN:1084-7529 (print) ISSN: 1520-8532 (online).

Vaitkevičius H., Viliūnas V., Bliumas R., Stanikūnas R., Švegžda A., **Dzekevičiūtė A.**, Kulikowski J. (2008). Ilgai stebimos tiesės suvokimo polinkio pokyčiai: normalizacijos efektas. *Psichologija* 38: 40-47. ISSN 1392-0359.

Dzekevičiūtė A., Daugirdienė A., Švegžda A., Stanikūnas R., Vaitkevičius H. (2011). Suvokiamos atkarpos ilgio priklausomybė nuo jos atvaizdo vietos akies tinklainėje. *Psichologija* 43: 40-47. ISSN 1392-0359.

Recenzuoti spausdinti mokslinių konferencijų pranešimai

- tarptautinių konferencijų

Dzekeviciute A., Svegzda A., Stanikunas R., Vaitkevicius H. (2011 07 04-08). Dependence of perceived size of an object on their location in the visual field. The 12th European congress of psychology. Understanding and embracing diversity.

- nacionalinių konferencijų.

Dzekevičiūtė A., Vaitkevičius H., Stanikūnas R., Švegžda A., Viliūnas V., Daugirdienė A., Bliumas R. (2011 05 06-07). Modifikuotas binokulinio regėjimo vektorinis modelis ir jo patikra. Lietuvos psichologų kongresas. *Psichologija pokyčių laikotarpiu*. ISBN 978-9955-12-674-4

Dzekevičiūtė A. (2009 05 08). *Adaptacijos įtaka tiesių polinkio suvokimu*. (žodinis pranešimas). VI Jaunųjų mokslininkų psichologų konferencija. *Žmogus XXI amžiuje: kas naujo?* ISBN 978-9955-33-457-6.

Dzekevičiūtė A. (2008 05 10). *Akies tinklainės receptorių tankio įtaka erdvės konstantiniam suvokimui* (žodinis pranešimas). V Jaunųjų mokslininkų psichologų konferencija. Tarp krypčių ir disciplinų. ISBN 978-9955-636-07-6.

Dzekevičiūtė A. (2007 04 27). *Objektų dydžio suvokimo priklausomybė nuo jų projekcijų akies tinklainėje* (žodinis pranešimas). IV Jaunųjų mokslininkų psichologų konferencija. Psichologijos tyrimai Lietuvoje: vieta pasaulyje ir ateities vizija. ISBN 978-9955-33-005-9.

Nerecenzuoti spausdinti mokslinių konferencijų pranešimai

- nacionalinių konferencijų.

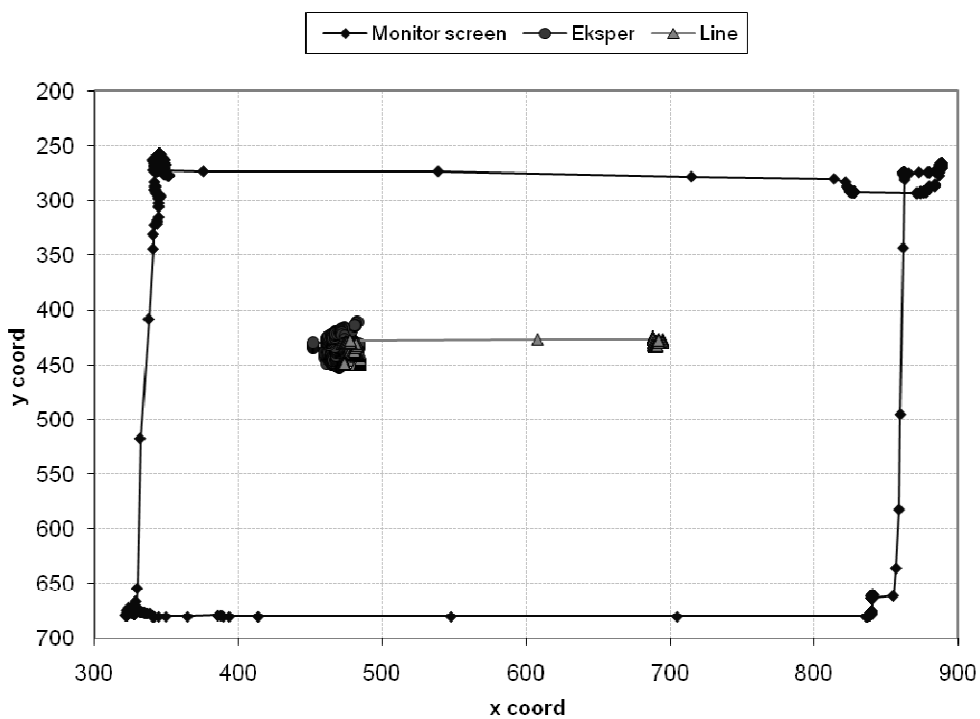
Dzekevičiūtė A. (2006 04 28). *Akies tinklainės receptorių išsidėstymo įtaka objektų dydžių suvokimui* (žodinis pranešimas). III Jaunųjų mokslininkų psichologų konferencija. Psichologijos mokslo taikymas Lietuvoje: iššūkiai ir galimybės.

Dzekevičiūtė A. (2005 05 06). *Žmogaus stereoregos tyrimai ir modeliavimas* (žodinis pranešimas). II Jaunųjų mokslininkų psichologų konferencija. Psichologijos tyrimai Lietuvoje: atradimai ir perspektyvos.

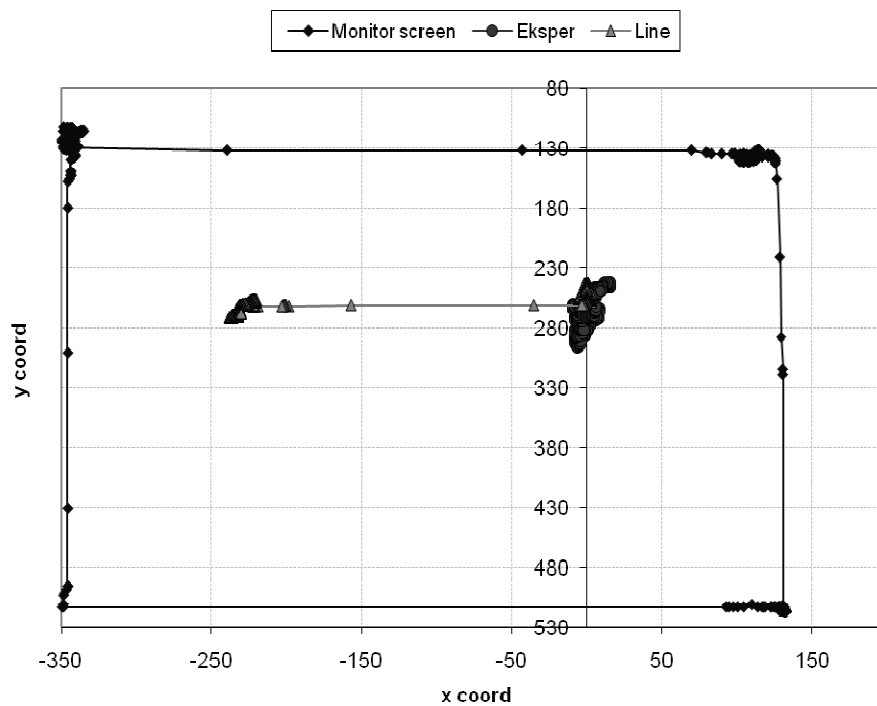
Dzekevičiūtė A., Jonikaitis D. (2004 04 23). *Lokalaus ženkle sampratos trūkumai stereopsyje* (žodinis pranešimas). I Jaunųjų mokslininkų psichologų konferencija. Tyrinėjimai psichologijoje: problemos ir perspektyvos.

PRIEDAI

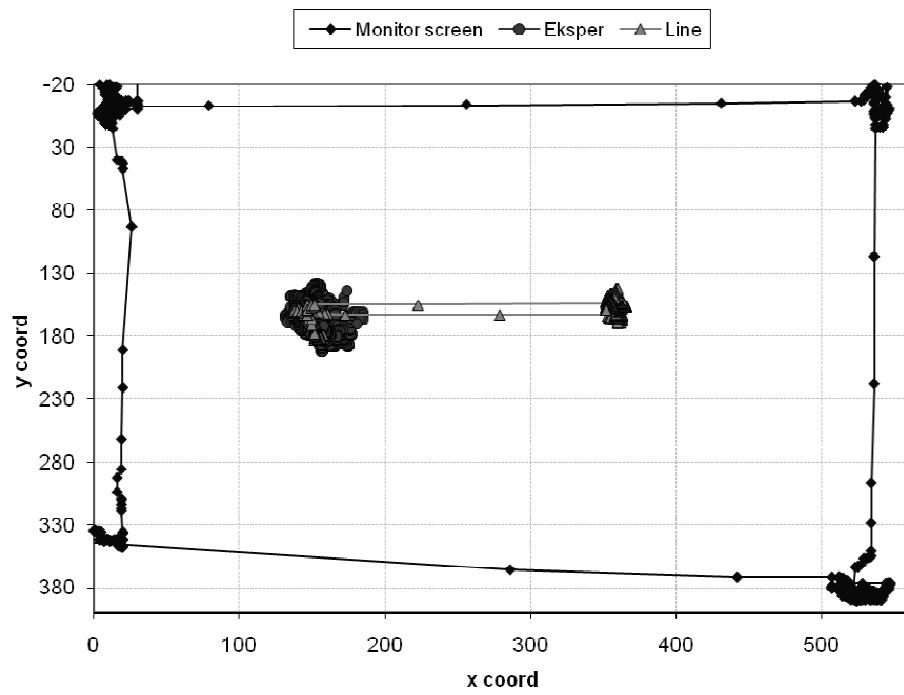
1-3 paveiksluose pateikiama gauti rezultatai dalinant atkarpą ir stebint akių judesius.



1 pav. AS rezultatai



2 pav. AD rezultatai



3 pav. DR rezultatai

PADĖKA

Pirmiausia labai nuoširdžiai noriu padėkoti savo vadovui *prof. habil. dr. H. Vaitkevičiui* už palaikymą, patarimus, idėjas ir visą patirtį, kuria dalijosi ir vertė judėti į priekį.

Taip pat esu labai dėkinga visiems VU Psichofiziologijos laboratorijos darbuotojams už vertingus patarimus ir palaikymą – *doc. dr. A. Švegždai, dr. V. Viliūnui, dr. R. Stanikūnui, doc. dr. R. Bliumui*.

Už padrašinimus ir patarimus nuoširdžiai dėkoju *doc. dr. A. Daugirdienei*.

Už didžiulę paramą, supratimą ir nepaprastą kantrybę dėkoju savo šeimai ir artimiesiems.