

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS

KOORDINUOTŲ ŽVILGSNIO ŠUOLINIŲ
JUDESIŲ PARAMETRAI ESANT ANTRINIAMS
TAIKINIAMS (TRIKDŽIAMS)

Magistro darbas

Darbo vadovas:
prof. V. Laurutis

Magistrantas:
Valdas Butvilas

Šiauliai, 2011

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

doc. dr. G. Daunys

2011 06

KOORDINUOTŲ ŽVILGSNIO ŠUOLINIŲ JUDESIŲ
PARAMETRAI ESANT ANTRINIAMS TAIKINIAMS
(TRIKDŽIAMS)

Magistro darbas

Recenzentas

Vadovas

(parašas) prof. habil. dr. V. Laurutis

2011 06

Atliko

RM-9 gr. stud.

(parašas) V. Butvilas

2011 06

ŠIAULIAI, 2011

Butvilas V. Alternative computer cursor control based on high velocity eye jumps: Master thesis of signal technologies/research advisor Prof. Dr. V. Laurutis; Šiauliai University, Technological Faculty, Electronic Engineering Department. – Šiauliai, 2011. – 42p.

SUMMARY

In this research distracter influence for saccadic eye movements was studied. In a series of experiments, participants reached to targets in the presence of visual distracters that were either adjacent to the target or either adjacent to the fixation point. Distracters were located through the reach path. The distracters were presented at different times too. The reaching eye movements were affected by the presence of the distracters. The results showed that the distracters affects more horizontal eye movements. And the eyes movements are more affected when distracters were in a middle of path to the target

SANTRAUKA

Šiame tyrime buvo tiriama trikdžio įtaka sakadiniams akių judesiams. Eksperimentų serijoje, tiriamieji sekė taikinį, kai kartu su taikiniu atsirasdavo ir trikdis. Trikdis atsirasdavo arčiau taikinio per vidurį kelio arba arčiau fiksacijos taško. Visi trikdžiai buvo ant trajektorijos nuo fiksacijos iki taikinio. Taip pat trikdžių atsiradimo laikas skirdavosi. Siekiamieji akių judesiai buvo paveikti trikdžių. Rezultatai parodė kad trikdis labiau įtakoja horizontalius akies judesius ir kad akių judesiai buvo labiau paveikti kai trikdis buvo per vidurį trajektorijos iki taikinio.

Turinys

Įvadas.....	7
1. REGOS SISTEMA.....	8
1.1 Akies sandara.....	8
1.2 Akių judesiai.....	10
1.3 Sakadų apžvalga.....	11
1.4 Akių raumenys.....	14
2. PANAŠIŲ EKSPERIMENTŲ APŽVALGA.....	17
2.1 Trikdžio „globalus poveikis“ tiriant akių ir rankos judesius.....	17
2.1.1 Eksperimento tikslas.....	17
2.1.2 Eksperimento atlikimo metodika.....	17
2.1.3 Eksperimento rezultatai.....	18
2.2 Nesant atsakymo konkurencijai, rankų judesiai pasislenka link trikdžio.....	19
2.2.1 Eksperimento tikslas.....	19
2.2.2 Eksperimento atlikimo metodika.....	20
2.2.3 Eksperimento rezultatai.....	21
3. EKSPERIMENTŲ ATLIKIMO METODIKA.....	23
3.1 Akies sekimo sistemų ir metodų apžvalga.....	23
3.1.1 Akies sekimo sistema su infraraudonais spinduliais.....	23
3.1.2. Akies sekimas pagal vyzdžio padėtį.....	24
3.1.3 Akies sekimas elektrodais pritvirtintais aplink akį.....	26
3.2 Eksperimentuose naudojama įranga.....	26
3.3 Eksperimentų aprašymai.....	28
4. REZULTATAI.....	32
Išvados.....	40
LITERATŪRA.....	41

Lentelių sąrašas

4.1 lent. Trikdžio įtaka akies žvilgsniui, kai trikdys atsiranda $\frac{1}{2}$ iki taikinio	35
4.2 lent. Trikdžio įtaka akies žvilgsniui, kai trikdys atsiranda $\frac{1}{4}$ iki taikinio	35
4.3 lent. Trikdžio įtaka akies žvilgsniui, kai trikdys atsiranda $\frac{3}{4}$ iki taikinio	36
4.4 lent. Reakcijos ir taikinio pasiekimo laikai	39

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Akies sandara.....	8
1.2 pav. Signalai dalyvaujantys įvesties komandų transformacijoje į akių judesius.....	12
1.3 pav. Sakadiniai akių judesiai	13
1.4 pav. Sakadų trajektorijos	14
1.5 pav. Akies raumenys	15
3.1 pav. Žvilgsnio sekimo sistema	23
3.2 pav. Žvilgsnio sekimo sistema	24
3.3 pav. Akies sekimas pagal vyzdžio padėtį.....	25
3.4 pav. Monitoriuje rodoma klaviatūra	25
3.5 pav. Akies sekimas elektrodais pritvirtintais aplink akį	26
3.6 pav. Akių judesių sekimo kameros.....	27
3.7 pav. Akies vaizdas gaunamas LC Technologies sistema	28
3.8 pav. Kalibravimo vaizdas ekrane.....	28
4.1 pav. Akies horizontalūs judesiai.....	32
4.2 pav. Akies vertikalūs judesiai.....	33
4.3 pav. Akies horizontalūs judesiai.....	34
4.4 pav. Akies vertikalūs judesiai.....	34
4.5 pav. Trikdžio įtaka akies šuoliams, kai trikdžio pasirodymo vieta $\frac{1}{2}$ kelio iki taikinio.....	36
4.6 pav. Trikdžio įtaka akies šuoliams, kai trikdžio pasirodymo vieta $\frac{1}{4}$ kelio iki taikinio.....	37
4.7 pav. Trikdžio įtaka akies šuoliams, kai trikdžio pasirodymo vieta $\frac{3}{4}$ kelio iki taikinio.....	37
4.8 pav. Trikdžio įtaka akies horizontaliems šuoliniams judesiams, kai trikdžio pasirodymo vieta skiriasi.....	38
4.9 pav. Trikdžio įtaka akies vertikaliesiems šuoliniams judesiams, kai trikdžio pasirodymo vieta skiriasi.....	38

Ivadas

Regos sistema yra pagrindinė sensorinė sistema, per ją žmogus gauna 70 – 80 proc. informacijos. Regos sistemai priklauso akis ir neuroniniai jos ryšiai. Per ją pateikiamas greitas, labai jautrus ir platus erdvinis (trimatis) aplinkos suvokimas: nuo artumos iki begalybės. Akių ir galvos judesiai išplečia greitai suvokiamos aplinkos vaizdą. Regimoji informacija, kurią gauna akis, sudaro apie 10^6 bitų/s. Per sekundę žmogus gali sąmoningai apdoroti tik apie 40-100 bitų ir iš jų tik 1-10 bitų įrašyti į atmintį, todėl regos sistema turi išskirti svarbiausią vaizdinę informaciją ir ją apdoroti.

Darbe nagrinėjamos dėl antrinių taikinių (trikdžių) atsiradusios žvilgsnio paklaidos, jų dėsningumai, sekant šuoliais judanti taikini kompiuterio ekrane.

Darbo tikslas:

- ištirti žmogaus akių judesių paklaidas, esant trikdžiams, bei nustatyti jų dėsningumus;

Praktinė vertė:

- gauti ir apdoroti nauji taikinio sekimo akimis duomenys;
- tuo pačiu nustatyta, kokius rezultatus duoda akių judesių registravimo prietaisas;

Tyrimų metodika:

Kompiuterio ekrane neprognozuojamas šuoliais judantis taikinis sekamas akimis. Taikinio formavimui ir duomenų apdorojimui naudojamos Microsoft Office Excel 2003 ir MatLab programiniai paketai.

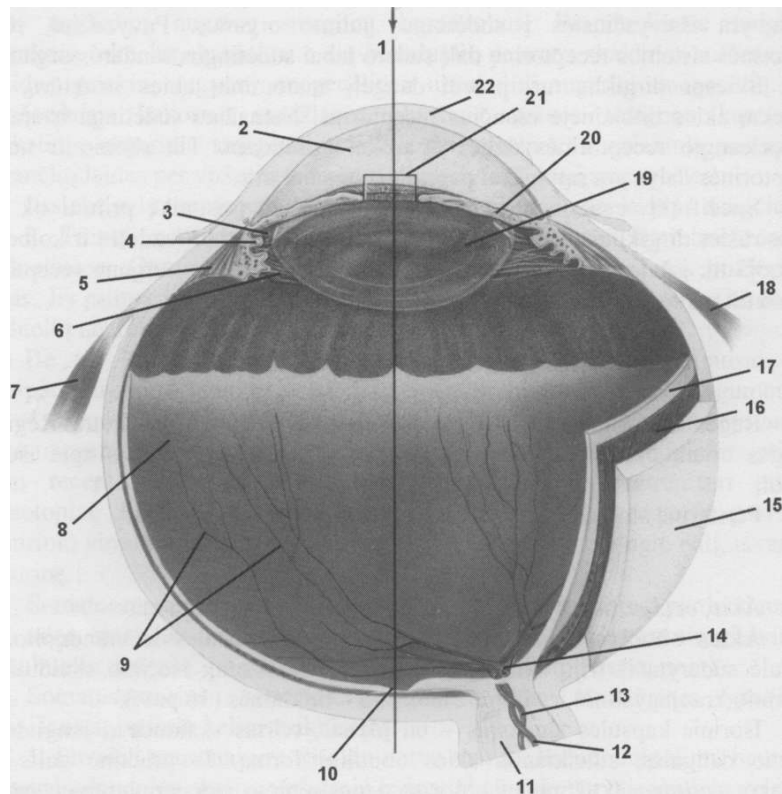
Darbo struktūra:

Darbą sudaro keturios dalys. Pirmoje dalyje nagrinėjama žmogaus regos sistema. Antroje dalyje kalbama apie panašius tyrimus. Trečioje dalyje aprašomos akies sekimo sistemos, eksperimentams naudojama įrangą bei pateikiamas eksperimentų aprašymas. Ketvirtoje dalyje pavaizduojami eksperimentų rezultatai. Paskutinėje dalyje pateikiamos išvados.

1. REGOS SISTEMA

Regos sensorinė sistema yra sudėtinga neuroreceptinė struktūra. Regintis žmogus orientuojasi aplinkoje ir gauna apie 70 % informacijos apie išorinį pasaulį. Regos sistemai priklauso akis ir neuroniniai jos ryšiai. Per ją pateikiamas greitas, labai jautrus ir platus erdvinis (trimatis) aplinkos suvokimas: nuo artumos iki begalybės. Adekvatus jos dirgiklis yra šviesos fotonai, kuriuos optinė sistema fokusuoja į abiejų akių tinklainę, o fotoreceptoriai paverčia elektriniais signalais. Akių ir galvos judesiai išplečia greitai suvokiamos aplinkos vaizdą.

1.1 Akies sandara



1.1 pav. Akies sandara

1.1 paveiksle matyti akies sandara: 1 - regėjimo ašis, 2 - priekinė akies kamera, 3 - užpakalinė akies kamera, 4 -krumplyno atauga, 5 - krumplyno raumuo, 6 - krumplyninis raištis, 7 -tiesusis šoninis raumuo, 8 - stiklakūnis, 9 - tinklainės arterijos ir venos, 10 -geltonosios dėmės centrinė duobutė, 11 —

regos nervas, 12 - tinklainės vena, 13 - tinklainės arterija, 14 - regos nervo diskas, 15 — odena, 16 - gyslainė, 17 - tinklainė, 18 - tiesusis vidinis raumuo, 19 - lęšis, 20 - rainelė, 21 - vyzdys, 22 –ragena.

R a i n e l ę sudaro jungiamojo audinio ir lygiųjų raumenų skaidulos bei kraujagyslės. Lygieji raumenys išsidėstę žiedine ir spinduline kryptimis. Žiedinės skaidulos sudaro vyzdžio sutraukiamąjį raumenį, o išsidėsčiusios spinduliais - vyzdžio plečiamąjį raumenį.

Taigi, keisdama vyzdžio spindį, rainelė reguliuoja į tinklainę patenkantį šviesos srautą.

K r u m p l y n a s, *corpus eiliave*, - tai vidurinė kraujagyslinio dangalo dalis. Krumplyną sudaro lygiųjų raumenų ir paurus jungiamojo audinio žiedas. Jame yra daug kraujagyslių, nervų ir pigmentinių ląstelių. Krumplynas turi: raumenį, vainiką ir ratą.

Krumplyno raumens skaidulos išsidėsto trimis kryptimis: meridianine, žiedine ir spinduline.

Krumplyno vainikui priklauso krumplyninės ataugos. Jas sudaro kapiliarų kamuolėliai, kurie išskiria akies skystį. Jis užpildo akies obuolio kameras.

Krumplyno ratas - tai juostelės formos krumplyno dalis, priekyje pereinanti į krumplyno vainiką, o užpakalyje - į gyslainę. Krumplyno rato priekinį paviršių su lęšio kapsule jungia krumplyninis raištis.

Susitraukus meridianinėms bei žiedinėms krumplyno raumens skaiduloms, atsipalaiduoja krumplyninis raištis, lęšis išsigaubia, jo laužiamoji galia padidėja.

Traukiantis spindulinėms skaiduloms, krumplyninis raištis įtempiamas, lęšis suplokštėja. Taigi krumplyno raumuo, keisdamas lęšio kreivumą, pritaiko akį matyti daiktus įvairiu atstumu.

G y s l a i n ė, *chorioidea*, užima šoninę ir užpakalinę akies obuolio sritį. Ji yra tarp odenos ir tinklainės. Gyslainę sudaro akies arterijos, venos ir nervai. Tarpus tarp kraujagyslių užpildo purusis jungiamasis audinys ir pigmentinės ląstelės.

Vidinis akies obuolio dangalas - t i n k l a i n ė, *retina*. Tinklainėje skiriamos priekinė, šviesai nejautri (akloji tinklainės dalis), ir užpakalinė, reginė tinklainės dalis. Reginėje tinklainės dalyje yra skiriami išorinis pigmentinis (esantis arčiausiai gyslainės) ir vidinis sluoksniai. Vidinį sluoksnį sudaro trys neuronų grandinės: išorinė fotoreceptorinė, vidurinė asociacinė ir vidinė ganglinė. Fotoreceptorinę grandinę sudaro lazdelinės ir kolbelinės regos ląstelės. Jų dendritai (lazdelės ir kolbelės) prisitaikę priimti šviesos spindulius. Fotoreceptorinės grandinės regos ląstelės kontaktuoja su vidurinės grandinės (bipolinėmis) ląstelėmis, o šios - su vidinės grandinės ganglinėmis ląstelėmis.

Ganglinių ląstelių aksonai sudaro regos nervą, einantį iš tinklainės regos nervo disko. Diske centre yra įduba, pro kurią į tinklainę įeina ir iš jos išeina kraujagyslės. Diske nėra šviesai jautrių elementų, todėl jis vadinamas aklaja dėme. [šoną nuo aklosios dėmės yra jautriausia šviesai tinklainės

vieta - geltonoji dėmė, o joje yra centrinė duobutė. Čia regos receptoriai (kolbelės) išsidėsto tankiausiai.

Akies obuolio branduolį sudaro lęšis, stiklakūnis ir priekinė bei užpakalinė akies kameros.

Lęšis, *lens*, yra abipusiškai išgaubtos lizės formos skaidrus, standus kūnas. Jis laužia šviesos spindulius. Jame skiriami du paviršiai: priekinis, atsisukęs į rainelę, ir užpakalinis, prigludęs prie stiklakūnio. Lęšis yra įsuptas į skaidrią kapsulę. Kapsulė krumplyniniais raiščiais jungiasi su krumplyno raumeniu, kuris kartu su lęšiu sudaro akies akomodacinį aparatą.

Stiklakūnis, *corpus vitreum*, yra skaidri drebučių formos konsistencijos masė, užpildanti akies obuolio ertmę tarp tinklainės ir lęšio užpakalinio paviršiaus. Pagrindinė stiklakūnio funkcija yra atraminė. Be to, jis priklauso akies optiniam aparatui, nes praleidžia ir šiek tiek laužia spindulius.

Akies kameros yra dvi: priekinė ir užpakalinė. Priekinė kamera yra tarp užpakalinio ragenos ir priekinio rainelės paviršiaus. Užpakalinę kamerą priekyje riboja užpakalinis rainelės paviršius, o užpakalyje - priekinis lęšio paviršius, krumplynas ir jo raištis.

Kameras užpildo vandeningas skystis. Jį nuolat gamina rainelės ir krumplyno ataugų kapiliarai. Abi kameros susisiečia per vyzdį. Skystis iš užpakalinės kameros

1.2 Akių judesiai

Šeši akies raumenys sudaro skersaruožių raumenų agonistų ir antagonistų poras, kurios yra prisitvirtinusios prie akies obuolio. Akys gali būti judinamos horizontalia ir vertikalio kryptimis, taip pat sukamos, susitraukiant ir atsipalaiduojant atitinkamiems akių raumenims. Juos inervuoja vidurinių smegenų centrai.

Sakadiniai judesiai. Tai yra trūkčiojamojo pobūdžio (pranc. *saccade* – trukdijamasis), sąmoningi arba nesąmoningi, abiejų akių į tą pačią pusę atliekami (konjuguoti) judesiai. Jie sutelkia daikto vaizdą centrinėje tinklainės duobutėje, tačiau kartais atsiranda ir neveikiant šviesai (iki 3 kartų/s). Jau prasidėję šie balistiniai akių judesiai yra nevaldomi ir trunka trumpai (15-100 ms). Jų amplitudė sudaro nuo 3' (mikrosakados) iki 90°, o greitis siekia iki 700°/s. Trūkčiojimo metu vaizdo suvokimas yra slopinamas. Šiuos akių judesius valdo premotorinė žievė, tilto centrai ir kaktiniai žievės laukai, o prieanginiai (vestibuliniai) branduoliai apibendrina informaciją apie galvos ir viso kūno padėtį.

Sekamieji judesiai. Tai lėti, sąmoningi, konjuguoti akių judesiai, kurie judantį mažą objektą išlaiko centrinėje duobutėje 1° tikslumu. Šie sekamieji judesiai išlaiko regėjimo aštrumą objektui judant

iki 100°/s greičiu, o greičiau judančius objektus pagauna trūkčiojamieji (sakadiniai) judesiai. Sekamiesiems judesiams kontroliuoti ypač svarbi yra žievės vidusmilkininė (mediotemporalinė) sritis ir vidinė viršutinė smilkininė jos dalis.

Verguojamieji judesiai. Konverguojamieji ir diverguojamieji akių judesiai atsiranda kintant nuotoliui iki stebimo objekto. Tai priešingi (nekonjuguoti) akių judesiai, kurių amplitudė siekia iki 5°.

Optokinetiniai akių judesiai. Jie atsiranda judant galvai aplinkos atžvilgiu arba judant aplinkai galvos atžvilgiu, ir stabilizuoja daikto vaizdą tinklainėje. Akys fiksuoja objektą tinklainėje lėtais sekamaisiais judesiais, o greitai sakadiniai (trūkčiojamieji) judesiai į priešingą pusę nustato naują fiksacijos tašką. Ši akių judesių seka vadinama nistagmu. Trūkčiojamųjų judesių kryptis laikoma nistagmo kryptimi. Nistagmą kontroliuoja tos pačios smegenų struktūros, kurios valdo trūkčiojamuosius ir sekamuosius judesius. Judant aplinkai galvos atžvilgiu, pvz., važiuojant traukiniu, optokinetinio nistagmo receptoriai yra fotoreceptoriai, tačiau nistagmą gali sukelti ir kitokių receptorių dirginimas.

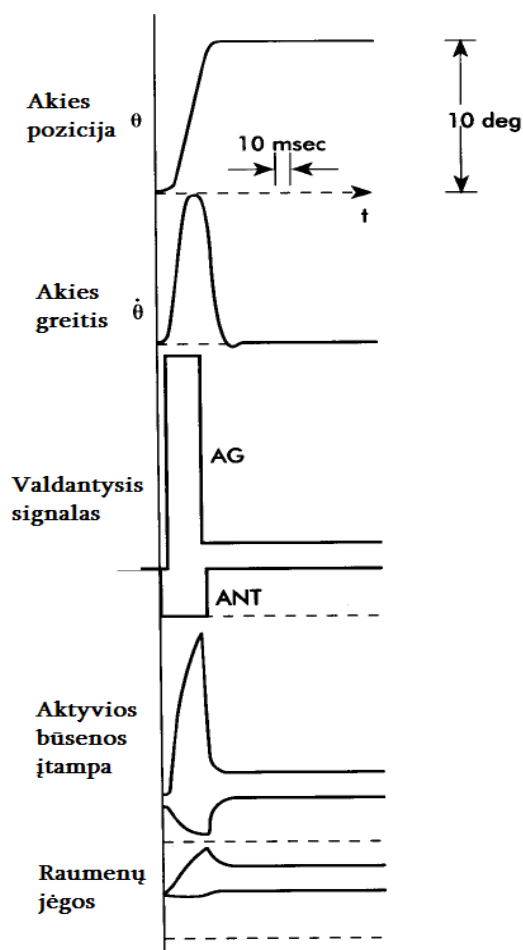
Prieanginis (vestibulinis) akių refleksas. Judant galvai aplinkos atžvilgiu, pvz., supantis, vaizdas fokusuojamas centrinėje tinklainės duobutėje, derinant sekamuosius ir trūkčiojamuosius judesius, o šio nistagmo receptoriai yra pusiausvyros organo receptoriai (vestibulinis nistagmas). Šios rūšies nistagmą kontroliuoja prieanginiai (vestibuliniai) branduoliai.

Klinikiniai aspektai. Visos šios akių judesių rūšys turi savą kontroliuojamąją sistemą. Tam tikri jos pažeidimai lemia savitus sutrikimus, pvz., žvairavimą, nistagmą ar žvilgsnio paręžę. Akių judesius valdo daug skirtingų struktūrų todėl esant būdingiems simptomams, galima nustatyti CNS pažeidimų vietą.

1.3 Sakadų apžvalga

Sakados yra tikslūs, didelio greičio akių judesiai, naudojami dominančių objektų sekimui. Šie šuoliniai judesiai yra lengviausiai pastebimi skaitymo ir vaizdo tyrinėjimo metu. Sakados aprūpina smegenis trumpalaikiais, su didele skiriamąja geba pasaulio "pavyzdžiais" tikslų rinkiniais, nuo palyginti paprastos informacijos, besirenkančios į sudėtingesnę identifikavimą ir objektų suvokimą. Dauguma natūraliai susiformavusių sakadų (~85%) turi mažesnes už 15 laipsnių amplitudes. Vykdamas sakadas yra sukuriama nervų signalai susiejami tiesiogiai su akių judesiais. Ši „motoriška“ pagrįsta informacija, yra siunčiama į aukštesnio lygio smegenų centrus ir praneša smegenims, kad pasaulis nėra pasisukęs, o kad iš tiesų akys yra pasisukusios (ir tinklainės atvaizdas), tai veda į suvokimo stabilumą.

Sakados yra nervų sukurti aukštojo dažnio impulsų ir daug žemesnių dažnių žingsnių kombinacijos. Impulsas yra būtinas tam, kad įveiktų klampų akies obuolio pasipriešinimą ir orbitinį turinį, ir yra atsakingas už greitą akies judesį į naują padėtį. Šis žingsnis yra būtinas tam, kad įveiktų akies ir akiduobės elastingas atkuriamas jėgas ir yra atsakingas už akies palaikymą šioje naujoje padėtyje. Šis impulso žingsnio kontroliuojantis signalas gamina sužadinimą „agonist“ raumeniui, kuris yra atspindėtas panašaus slopinančio signalo į „antagonist“ raumenį. Šitie signalai yra "filtruoti" arba efektyviai išlyginti dėl palyginti lėto raumens įtempimo išsivystymo, ir atstojamosios jėgos būtinės akies obuolio pajudimui, kad pagamintų greitą judėjimą (1.2 pav.).

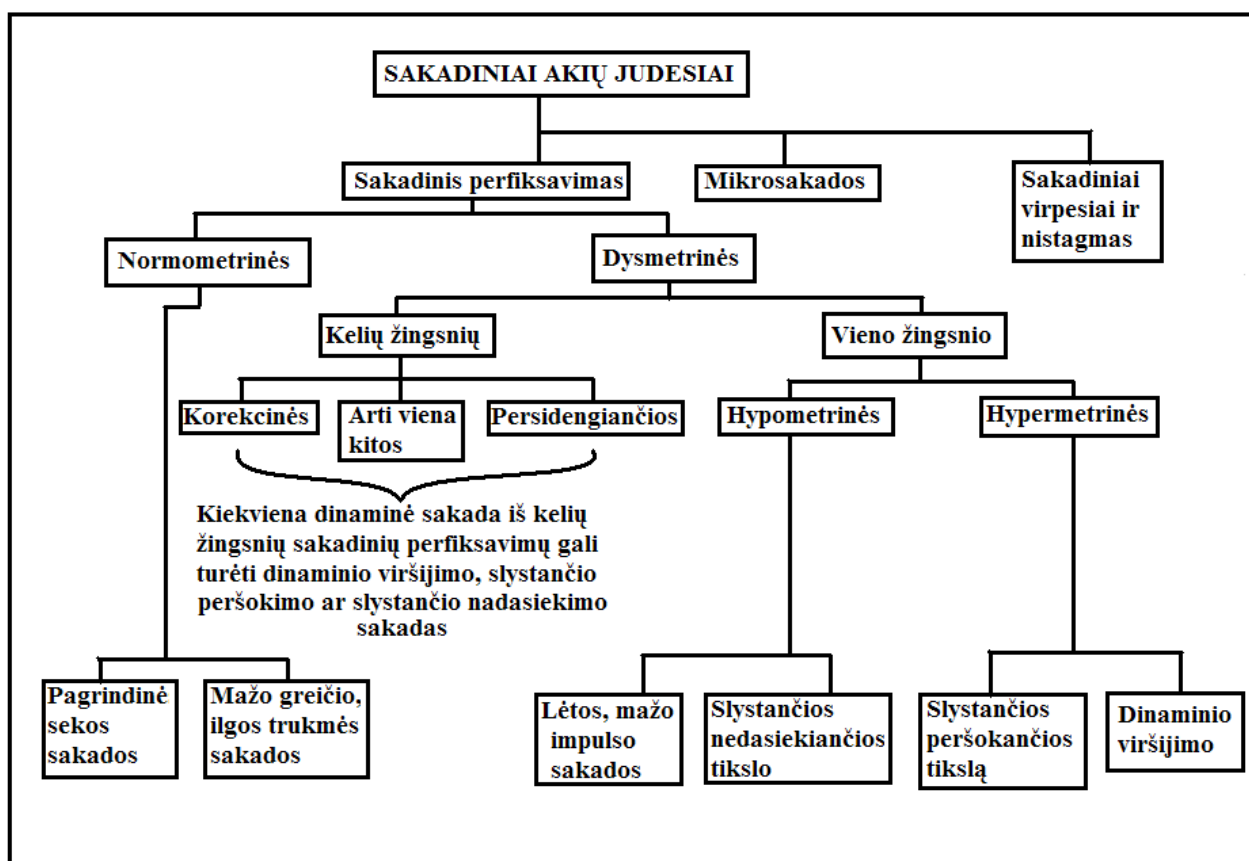


1.2 pav. Signalai dalyvaujantys įvesties komandų transformacijoje į akių judesius.

1.2 paveiksle matome signalus dalyvaujančius įvesties komandų transformacijoje į akies judesius. Impulso žingsnio valdantysis signalas turi staigų perėjimą, kuris yra filtruotas aktyvacijos ir reaktyvacijos laikų konstantų, kad pagamintų aktyvios būsenos įtampą. Jie savo ruožtu yra filtruoti

serijos elastingų ir netiesinių jėgų greičių santykio, kad sukurtų jėgas, kurios yra naudojamos akies obuolio pasukimui. Šitos jėgos gamina akių judesius. AG – agonist; ANT – antagonistas.

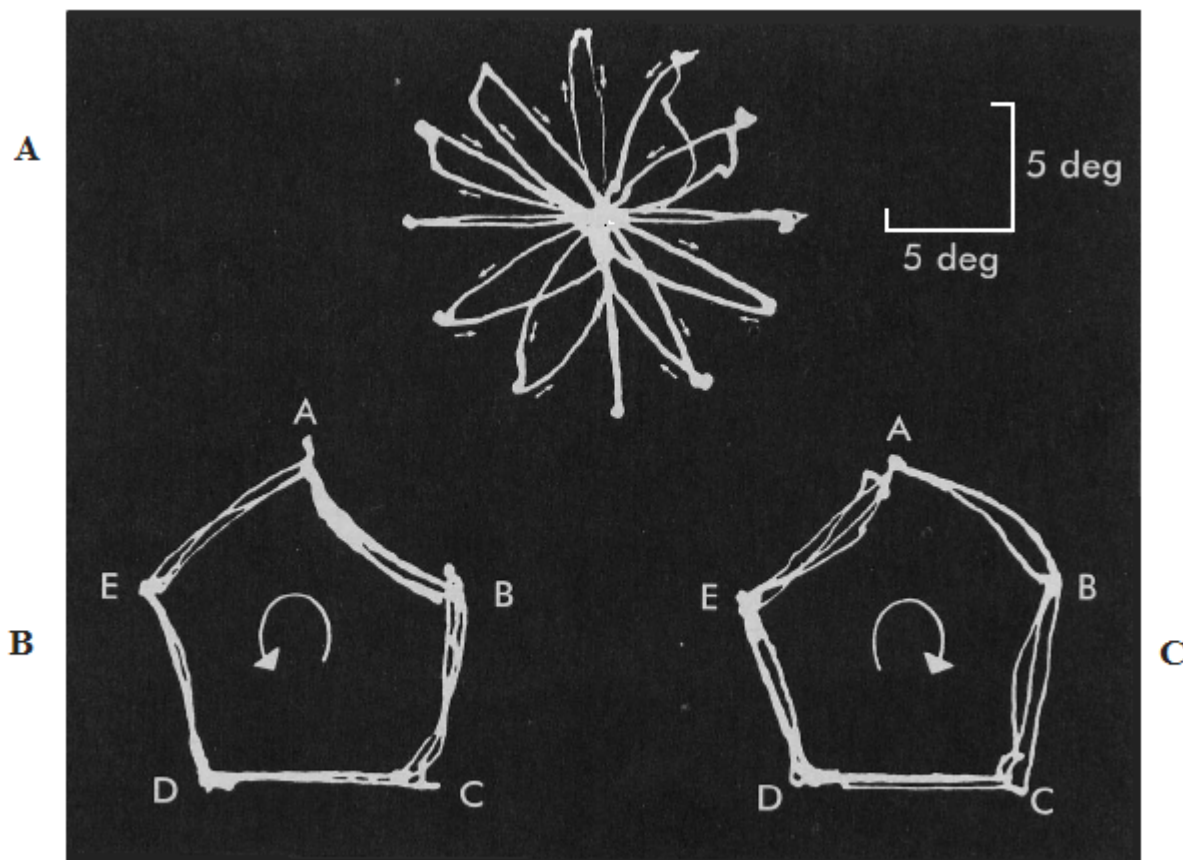
Sakadiniai akių judesiai gali būti suskirstyti į kategorijas kaip parodyta 1.3 paveikslėlyje. Iš esmės sakados yra normometrinės arba dysmetrinės. Normometrinės (taip pat vadinamos ortrometrinėmis) sakados susideda iš vieno, tikslaus judesio, turinčio tinkamą dydį ir dinamiką. Pagrindinis nervų kontrolinis signalas susideda iš vienos, tiksliai suderinto impulso žingsnio kombinacijos. Dysmetrinės sakados, priešingai normometrinėms sakadoms, nėra tikslios. Dysmetrinės sakados gali būti vieno žingsnio arba daugiapakopio žingsnio judėjimas ir gali būti arba per mažas (hypometrinės) arba per didelis (hypermetrinis) atsižvelgiant į numatomą taikinio padėtį.



1.3 pav. Sakadiniai akių judesiai

Apskritai, kai akių judėjimai yra minimi manoma, kad jie yra horizontaliojoje plokštumoje. Toks suvaržytas mąstymas yra susietas su naudojamų įrankių apribojimu, o ne su natūraliai įvykstančiais akių judesiais. Nuo 1980-ųjų vidurio, pažanga tokių prietaisų gamyboje, leido pradėti vertikalųjų ir įžambiųjų sakadinių judesių tyrimus. Sakadų dinamika kitomis kryptimis yra ganėtinai panaši į surastų

horizontalių krypčių sakadų. Pavyzdžiui, santykis tarp sakados amplitudės ir jos maksimalaus greičio yra toks pat. Tačiau, trajektorija išambioms sakadoms yra labiau išlenkta negu, buvo surasta su vertikalių, ar horizontalių judesių trajektorijomis (1.4 pav.).



1.4 pav. Sakadų trajektorijos

1.4 paveiksle matome sakadų trajektorijas. (A) Sakadų trajektorijos nuo centrinio taško į 12 skirtingų taškų. Strėlytės rodo sakadų kryptis, išcentrinės ir įcentrinės. Sakados prieš laikrodžio rodyklę (B), ir pagal laikrodžio kryptį (C), penkių taškų peržiūrėjimas. Taškai išdėstyti penkiakampiu (ABCDE).

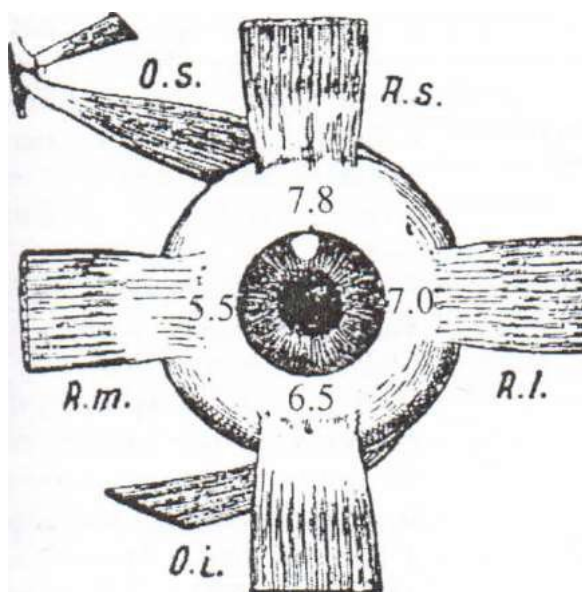
1.4 Akių raumenys

Tiesieji raumenys:

Keturi tiesieji raumenys prasideda akiduobės viršūnėje, ten suformuodami bendrą sausgyslinį - fibrozinį žiedą *anulus tendineus communis Zinni*, tęsiasi į priekį kaip plokščios juostelės, kūgiškai

prasiskleisdami, ir tvirtinasi prie odenos per keletą milimetrų nuo *limbus*. Tiesiųjų raumenų ilgis - apie 40 mm, plotis - 10 mm, t.y. šešis kartus didesnis negu storis. Kiekvienas raumuo baigiasi 4 - 9 milimetrų ilgio sausgysle. Prisitvirtinimo prie odenos atstumas, skaičiuojant nuo limbus, didėja tokia tvarka: vidinis, apatinis, išorinis ir viršutinis raumuo (1.3. lentelė). Ši progresija vadinama Tiliaux'o spirale (1.35. pav.).

Pagrindinė tiesiųjų raumenų funkcija – tai akies obuolio pasukimas į išorę (*abductio*), į vidų (*adductio*), aukštyn (*supraductio*) bei žemyn.



1.5 pav. Akies raumenys

Įstriži raumenys:

Du įstriži raumenys pasiekia akį iš priekio. Jie valdo akies sukamuosius judesius (*torsio*) bei judesius aukštyn ir žemyn (1.36. pav). Pirminėje akies obuolio padėtyje raumenų plokštumos su akies optine ašimi sudaro apie 51 - 54° kampą.

Viršutinis įstrižinis raumuo yra ilgiausias ir ploniausias iš visų raumenų. Jis prasideda nuo frontoetmoidinės akiduobės siūlės bei pleištažkaulio kūno antkaulio, viršuje ir kiek į vidų Cino žiedo bei foramen opticum atžvilgiu ir dalinai dengia *m. levator palpebrae* prisitvirtinimo vietą. Viršutinis įstrižinis raumuo yra apvalesnis negu kiti akies raumenys, turi ploną 40 mm ilgio verpstės pavidalo galvutę, besibaigiančią sausgysle, pasidengusią sinoviniu dangalu. Jis eina į priekį išilgai viršutinės ir išorinės akiduobės sienos krašto. Artėdamas prie skridinio (*trochlea*), jis baigiasi sausgysle, pasidengusia sinoviniu dangalu, kuri, persilenkusi per skridinį, keičia kryptį atgal, žemyn, į išorę ir

tvirtinasi išoriniame viršutiniame užpakaliniame akies obuolio oktante, po tiesiuoju viršutiniu raumeniu (1.34. pav., žr. priede).

Apatinis įstrižinis raumuo eina atgal, į viršų ir į išorę link prisitvirtinimo vietos akies obuolio užpakaliniame apatiniame išoriniame oktante. Jis eina po apatiniu, o vėliau ir išoriniu tiesiaisiais raumenimis. Tvirtinasi prie odenos trumpa vėduoklės pavidalo sausgysle užpakaliniame smilkininiame akies obuolio segmente tiesiog virš geltonosios dėmės projekcijos. Raumens ilgis - 37 mm.

2. PANAŠIŲ EKSPERIMENTŲ APŽVALGA

2.1 Trikdžio „globalus poveikis“ tiriant akių ir rankos judesius

2.1.1 Eksperimento tikslas

Šiame darbe eksperimento tikslas buvo išsiaiškinti ar akys ir rankos naudoja tą patį taikinio erdvinį atvaizdavimą tikslo pasirinkimo lygmenyje. Siekiant šio tikslo, buvo tirti akies ir rankos „globalieji poveikiai“. „Globalusis poveikis“ apibūdina sakadų tendenciją, nušokti tarp taikinio ir artimo trikdžio. Poveikis pasireiškia tik tada, kai sakados yra atliktos anksčiau negu taikinyje ir jo buvimo vieta buvo visiškai nustatyta. Tokiu būdu, „globalusis poveikis“ įvyksta tikslu pasirinkimo lygmenyje.

Šio eksperimento autorius iškelė hipotezę, kad jei akis ir ranka turi vieną erdvinį taikinio atvaizdą tikslo pasirinkimo lygmenyje, „globalusis poveikis“ turėtų būti toks pat akims ir rankoms. Jei akis ir ranka naudoja atskirus taikinio erdvinius atvaizdus, trikdžio poveikis akių ir rankų judesiams būtų skirtingas.

2.1.2 Eksperimento atlikimo metodika

Eksperimentą atliko 9 tiriamųjų. 7 iš jų vyrai ir 2 moterys, kurių amžius buvo nuo 29 iki 43 metų. Visi tiriamieji buvo dešiniarankiai. Fiksacijos vieta buvo purpurinis kryžius, taikinyje baltas kryžius, o trikdžio baltas taškas, jie visi buvo vienodo diametro. Taikinyje ir trikdžio taškas buvo rodomas 50ms. Tiriamiesiems 1500ms buvo rodomas purpurinės spalvos fikcijos kryžius. Užgesus fikcijos kryžiui po 100ms sumirksi taikinyje. Taikinyje atsiranda tarp 8 ir 10 laipsnių žiūros kampo į kairę arba dešinę nuo fikcijos taško. Trikdžio taškas atsiranda 4 laipsniu žiūros kampu nuo taikinio. Eksperimento 33% taikinyje buvo pateikiamas vienas, 33% - taikinyje buvo pateikiamas kartu su trikdžiu, kai trikdžio taškas buvo arčiau fikcijos taško, ir 33% - kai trikdžio taškas buvo toliau nuo fikcijos taško. Trikdžio taškas visą laiką buvo pateikiamas kartu su taikiniu. Naujas fikcijos kryžius atsiradavo taikinio vietoje po 1500ms kai buvo užfiksuota sakada, arba po 2000ms kai taikinyje užgesdavo.

Tiriamųjų tikslas buvo nuvesti akis ir ranką iki balto kryžiaus kaip galima greičiau. Kai atsiradavo baltas kryžius ir baltas taškas, tiriamieji turėjo nekreipti dėmesio į baltą tašką, o susekti baltą kryžių. Užduotis susidėjo iš trijų dalių: a) sakada į taikinį (vienguba užduotis, akys), b) sakada ir

rodymas į tašką (dviguba užduotis), c) rodymas į taikinį kol akys išlieka fiksacijos taške nors jis užgesęs (vienguba užduotis, ranka). Atsiradus naujam fiksacijos taškui tiriamasis turėjo iš naujo nukreipti žvilgsnį ir ranką į jį.

Kiekviena dalis susidėjo iš 240 bandymų, 80 be trikdžio, 80 su trikdžiu arčiau fiksacijos taško ir 80 su trikdžiu toliau nuo fiksacijos taško. Kiekviena eksperimento dalis (vienguba užduotis, akys; dviguba užduotis; vienguba užduotis, ranka) buvo atliekama skirtingomis dienomis.

2.1.3 Eksperimento rezultatai

Rankų judesiai

Rankų judesiams taip pat buvo globalusis poveikis. Rankų judesiai taip pat buvo paslinkti link trikdžio. 1 eksperimente, rankų amplitudė tapo trumpesnė, o 2-ame rankų amplitudė tapo ilgesnė. Globalusis poveikis buvo nepriklausomai nuo to ar rankų judėjimas buvo lydimas akių judėjimu (dviguba užduotis) ar ne (vienguba užduotis). Tokiu būdu, tiriamieji nenurodė, ten kur jie žiūrėjo. Tai rodo kad globalusis poveikis nėra specifinis akies padarinys, kuris parsiduoda į rankų motorinę sistemą.

Globalinio poveikio palyginimas akim ir rankom

Eksperimentuose 1 ir 2 globalinis poveikis buvo toks pat dydžiu ir kryptimi akių ir rankų judesiams. Tai rodo kad trikdys veikia abu akių ir rankų judesius taikinio pasirinkimo lygmenyje. Globalinio poveikio panašumai akių ir rankų judesiams taip pat reiškia, kad akys ir rankos yra susietos šiame lygmenyje, bent jau keičiantis informacijai tarp dviejų atskirų taikinio atvaizdų, arba net dalinasi vienu taikinio atvaizdu.

Tačiau, 4 eksperimente su atsitiktiniu trikdžiu tik akių judesiai parodė globalų poveikį kai buvo artimas trikdys, tuo tarpu rankų ne. Toks skirtingas trikdžių poveikis akių ir rankų judesiams nebūtų galimas su bendru taikinio atvaizdu akims ir rankoms. Taigi akys ir rankos, atrodo, remiasi dviem skirtingais taikinio atvaizdais, kurie bendrai keičiasi informacija.

Globalinis poveikis yra nepriklausomas nuo atvaizdavimo laiko

3 eksperimentas parodė, kad globalusis poveikis yra nepriklausomas nuo taikinio ar trikdžio rodymo laiko. Nors judesiai tapo tikslesni pailginus rodymo laiką, ypač rankų judesiai, globalusis poveikis nedingo. Tai rodo, kad nepriklausomai nuo regimosios taikinio informacijos prieinamumo, tiek akių ir rankų judesiai yra atliekami remiantis ankstyvo taikinio atvaizdu, kuris vėliau nėra atnaujinamas. Priežastis to gali būti bandymas padidinti judėjimo greitį. Puikus rankos vedimas į taikinį galėtų būti įvykdytas per vėlesnius judėjimo fazės tarpsnius. Tačiau, galimybė tokiai rankų judesių

tiesioginei korekcijai buvo sumažinta su šio bandymo sąlygomis, todėl kad judančios rankos sekimas buvo neleidžiamas.

Vėlinimo sąveika

Kai akių ir rankų judesiai buvo atlikti kartu, akių ir rankų vėlinimas nuosekliai priartėdavo vienas prie kito, palyginus kai jie buvo vykdomi atskirai. Akių judesių vėlinimas padidėdavo, o rankų sumažėdavo dvejopos užduoties sąlygomis. Toks elgesys parodo, kad yra du atskiri judesio pradžios signalai, kurie yra koordinuojami pagal informacijos keitimosi. Tokiu būdu, laikinis atstumas per kurį akis ir ranka pradeda ir baigia sekimą yra artimi. Tai svarbu, pavyzdžiui, kai taikinys juda. Tokiu atveju, rankų judesiai turi būti pagrįsti informacija, priimta akies ne per daug nutolusia laike.

2.2 Nesant atsakymo konkurencijai, rankų judesiai pasislenka link trikdžio

2.2.1 Eksperimento tikslas

Bandymų serijoje, dalyviai siekė taikinį esant regimiesiems trikdžiams, kurie buvo arba gretimi taikiniui arba šalia trajektorijos į taikinį. Siekiantys judesiai buvo paveikti trikdžių, judėjimo trajektorijos nukrypstančios trikdžių kryptimi. Tie nukrypimai buvo su dviem skirtingomis sąlygomis: a) trikdys galėjo būti potencialus taikinys; b) trikdys niekada nebuvo galimas taikinys. Kadangi judėjimas buvo paveiktas trikdžių abiejose situacijose, rezultatai parodė, kad atsakymo konkurencija nėra būtina trikdžio sukeltam taikinio pasiekiamumo trajektorijos nukrypimui. Vietoj to, autoriai spėjo, kad dėmesys į trikdį yra pakankamas, kad paveiktą trajektoriją į tikslą. Judėjimo nukrypimai gali atskleisti efektyvų mechanizmą, kaip susidoroti su gausiomis stimulų aplinkomis.

1 eksperimento tikslas buvo ištirti, kaip virtualus regimasis trikdys įtakos siekiamųjų judesių erdvės komponentes. Eksperimentas prasidėjo, pradžioje pristatant du potencialius tikslus. Paskui, vienas iš potencialių tikslų tapo tikru tikslu, o kitas tapo ne tikslu, trikdžiu. Autorius nagrinėjo dalyvių pasiekimo trajektorijas, kai trikdys buvo erdviškai kairiau arba dešiniau nuo tikslo.

2 eksperimente, autorius pabandė kopijuoti 1 eksperimento sąlygas su sumažintu potencialių tikslų skaičiumi. Sumažintas tikslų skaičius leistų daugiau judėjimų į kiekvieną atskirą tikslą, tai potencialiai sumažintu trikdžio poveikį ir tokiu būdu padarytų tikslesnį potencialių trikdžių trukdžių poveikio eksperimentą.

3 eksperimente, autorius siekė nustatyti, ar atsakymo konkurencija buvo būtina, kad atsirastų nukrypimai trikdžio kryptimi, tokie kaip 1 ir 2 eksperimentuose. Dalyviai 3 eksperimente vykdė judesius į vieną tikslą. Skirtingai nuo 1 ir 2 eksperimento, trikdžiai 3 eksperimente niekada nebuvo potencialūs tikslai. Vietoj to, vienas iš dviejų trikdžių pakeičia spalvą, kad duotų stimulą — vykdymo arba laukimo signalą. Tokiu būdu, dalyviui nereikėjo suplanuoti judėjimo daugiau negu į vieną tikslo vietą. Stimulus pradėti sekimą buvo spalva o ne pozicija kurioje ji atsirado, spalva turėjo sutapti su tikslo spalva. Be to, du stimulo signalas užsidegdavo labai šalia judėjimo pradinės padėties ir toliau nuo judėjimo tikslo. Tai buvo padaryta, kad sumažinti tikimybę, kad dalyviai svarstys stimulo signalą kaip potencialų judėjimo tikslą. Jei atsakymo konkurencija yra atsakinga už nukrypimus 1 ir 2 eksperimentuose, tai 3 eksperimente neturėtų būti jokio tokio nukrypimo. Tačiau, jei nukrypimai buvo sukelti kažkokio alternatyvaus mechanizmo, tokio kaip, dėmesio nukrypimas į trikdį, tai toks trajektorijos nukrypimas vis dar galėjo įvykti.

2.2.2 Eksperimento atlikimo metodika

Eksperimentą atliko 10 Vašingtono universiteto paskutinio kurso studentų. Visi tiriamieji buvo dešiniarankiai. Kiekvienas bandymas prasidėdavo nuo fiksacijos kryžiaus atsiradimo ekrano apačioje.

Pirmame eksperimente 4 taikiniai (apskritimai) buvo išdėstyti ant įsivaizduojamo 19,6cm spindulio apskritimo, kurio centras buvo fiksacijos taškas. Taikiniai buvo išdėstyti 11° ir 35° nuo vidurio ekrano į kairę ir dešinę pusę. Bandymas prasidėdavo po 1000ms kai rankos pozicija užeidavo ant fiksacijos kryžiaus. Bandymo pradžioje 2 apskritimai iš 4 užsidegdavo, likę taikiniai išliko nematomi. Vienas iš apskritimų buvo žalias, kitas raudonas. Po 100ms fiksacijos kryžius pakeisdavo spalvą į raudoną arba žalią, nurodydamas kuris iš apskritimų yra taikiny. Po dar 100ms fiksacijos kryžius pranykdavo. Tai buvo signalas tiriamajam, kad jis turi nuvesti ranką ant taikinio. Po 1000ms kai tiriamasis užveda ranką ant taikinio vėl atsiranda fiksacijos kryžius.

Antrame eksperimente, sąlygos buvo atkartotos, tik sumažintas taikinių skaičius. Taikiniai buvo 23° nuo vidurio ekrano į kairę ir dešinę pusę.

Trečiame eksperimente fiksacijos taškas buvo 1,3cm diametro apskritimas. Kiekvienas iš dviejų trikdžių (4,6cm diametro) buvo 10,8cm (27%) nutolę nuo fiksacijos taško. trikdžiai buvo nutolę 5,7cm nuo fiksacijos ir taikinio tiesios trajektorijos į kairę ir į dešinę. Po 300ms, kai ranka yra užvesta ant fiksacijos taško, vienas iš dviejų trikdžių pakeičia spalvą į žalią arba raudoną. Tai trunka 100ms. Kai

trikdžio spalva buvo raudona, tiriamasis turėjo išlaikyti ranką fiksacijos taške. Kai trikdžio spalva buvo žalia, tiriamasis turėjo pasiekti suktuką ir jį pasukti 30° pagal laikrodžio rodyklę.

Eksperimentas buvo atliekamas 10 kartų, po 48 bandymus. Taikiniai atsirasdavo visuose pozicijose vienodai dažnai. Potencialaus taikinio spalva (žalia arba raudona) buvo pasirenkama atsitiktinai, bet po vienodai kartų.

2.2.3 Eksperimento rezultatai

Bandymų serijoje autorius turėjo dalyvius atliekančius šuolinius akių judesius esant trikdžiams. 1 ir 2 eksperimentuose du potencialus taikiniai buvo rodomi prieš atskleidžiant kuris iš tikro buvo taikiny, o kuris buvo trikdys. Atliekant šuolinius judesius jie pasislinkdavo link trikdžio. 3 eksperimente, dalyvis atliko po vieną šuolinį judesį kiekviename bandyme, bandymas baigdavosi mažu gumbeliu link trikdžio. Bandymo pradžios ženklas buvo spalvotas taškas į kairę arba į dešinę nuo judesio trajektorijos, bet pats taškas negalėjo būti taikiniu. Vis dėl to siekiantys judesiai buvo palenkti trikdžio kryptimi. 1 ir 2 eksperimentuose, kai trikdys galėjo būti ir taikiniu, buvo galimybė reakcijai į trikdį. Pavyzdžiui, pradžioje bandymų dalyviai galėjo būti pasiruošę judesius abiem potencialiems taikiniams ir vėliau kai taikiny buvo paduotas atlikti judesius į vieną iš buvusių potencialių taikinių. Kažkokia likusi aktyvacija susijusi su atmesta judesio trajektorija galėjo paveikti judesio trajektoriją. Howard, Lupianez ir Tipper (1999) aprašė panašius rezultatus. Welsh (1999) ir Howard apibūdino kelis būdus, kuriuose trajektoriją įtakoja trikdys.

Autorius padarė išvadą, kad nors įmanoma, kad reakcija į antrinę trajektoriją įtakoja nukrypimus 1 ir 2 eksperimente, bet neįtikėtina, kad reakcija įvyko 3 eksperimente. Tai yra todėl kad trikdys 3 eksperimente niekada nebuvo taikiniu, tokiu būdu mažai tikėtina, kad pradžioje dalyviai paruoš trajektorijas į taikinį ir trikdį. Be to galinis rezultatas 3 eksperimente (mažas poslinkis link trikdžio) negali būti įtakotas trikdžio, nes trikdys buvo šviesa ant video ekrano. Vietoj to autorius padarė išvadą, kad trikdys padidino įtaką 3 eksperimente per kai kurias priemones, išskyrus aktyvacijos atsaką, kuri vėliau turi būti slopinama. Vienas paaiškinimas yra toks, kad trikdys pritraukė dėmesį ir erdvinėje dėmesio sistemoje paveikė atvaizdavimą, kuris yra naudojamas suplanuoti judesius. Howard ir Tipper taip pat pasiūlė dėmesio paaiškinimą kai kuriems jų stebėjimams, apimančius trikdžių padarinius šuoliniams judesiams.

Autorius taip pat pažymi, kad 1 ir 2 eksperimentuose, jis surado, kad sekamieji judesiai buvo paveikti trikdžio visoje judėjimo trajektorijoje (25% 50% 75% atstumo iki tikslo), bet trečiame eksperimente judėjimai buvo paveikti tik nuo 25% atstumo iki tikslo. Vienas galimas paaiškinimas

skirtumams yra toks, kad papildomi trikdžiai sukelti reakcijos (varžymosi tarp dviejų galimų trajektorijų) 1 ir 2 eksperimentuose, galbūt buvo stipresnio poveikio negu dėmesio blaškymą 3 eksperimente (kai nebuvo varžymosi tarp galimų trajektorijų). Kita galimybė yra susieta su trikdžio vieta, skirtinguose eksperimentuose. 1 ir 2 eksperimentuose trikdis buvo arti taikinio. Šie trikdžiai galėjo daryti įtaką per visą judėjimą todėl, kad ranka nepasiekė jų iki pat taikinio pasiekimo. Tačiau 3 eksperimente trikdis buvo taškas, kuris buvo artimesnis pradžios taškui, apytikriai 27% distancijos tarp pradžios taško ir taikinio. Tokiu būdu trikdis galėjo daryti poveikį tikrai tol kol jis nebeblaškė dėmesio, tai yra iki to laiko kai ranka praeidavo pro trikdžio vietą. Po to laiko, ranka nutolo nuo jo ir jis daugiau nebebuvo šalia judėjimo trajektorijos. Paskutinė interpretacija yra suderinta su veiksnių pagrįstų pagrindais rezultatais, kurie buvo aprašyti kelių tyrėjų (Pratt ir Abrams 1994; Tipper 1992). Visų pirma, trikdžiai pirmiausiai paveikė judėjimus, kai jie buvo kaimyniniai arba palei judėjimo trajektoriją ir ne po to, kai sekimas praėjo trikdžių vietą.

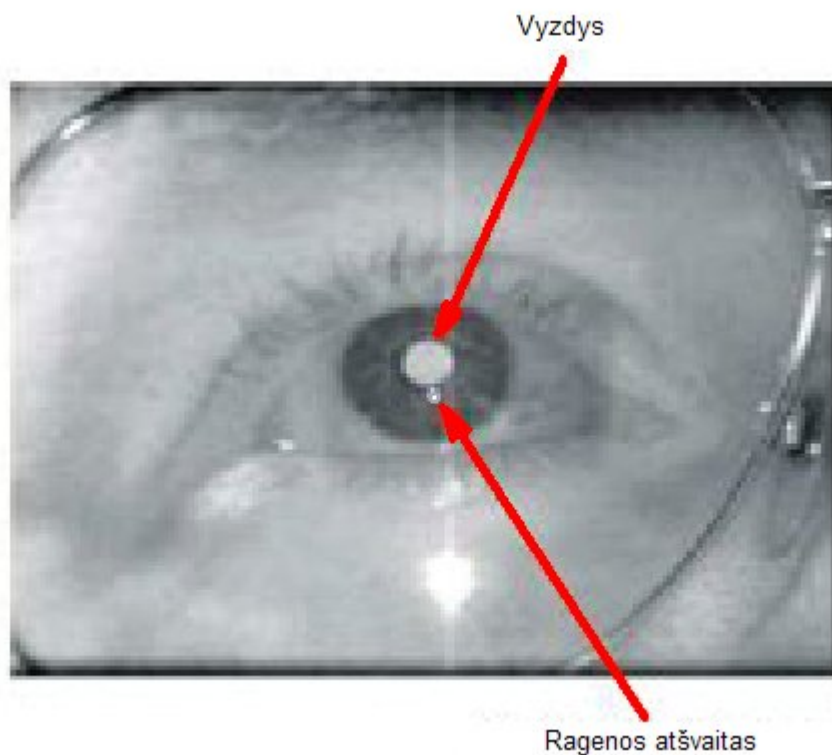
3. EKSPERIMENTŲ ATLIKIMO METODIKA

3.1 Akies sekimo sistemų ir metodų apžvalga

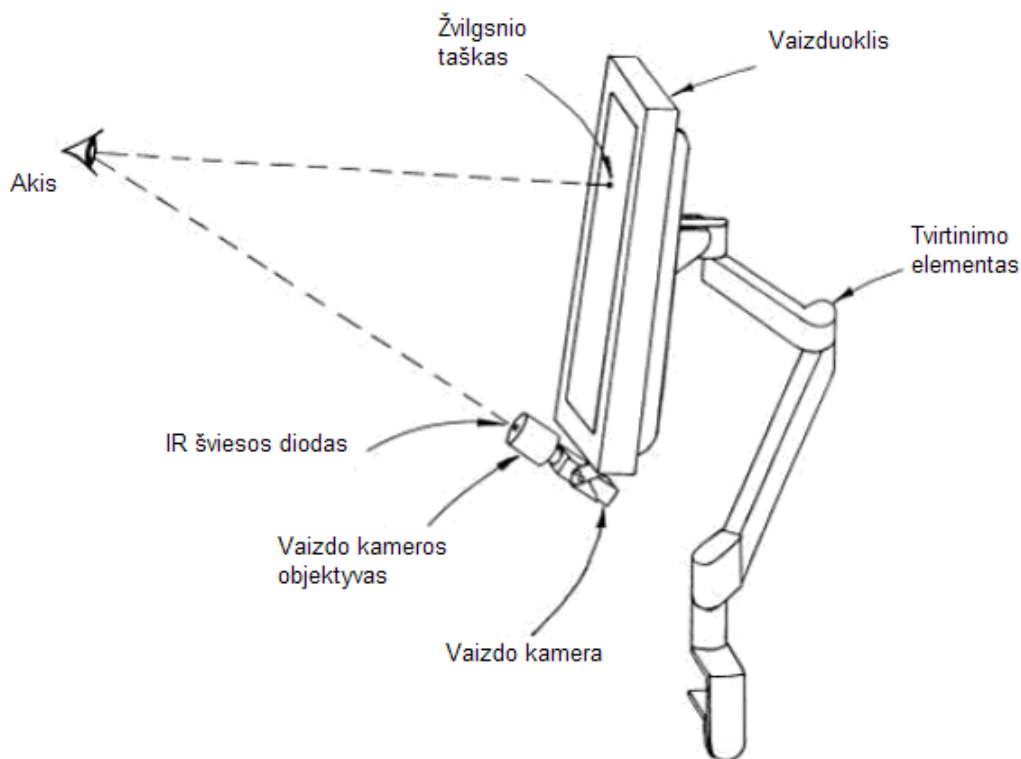
Akies sekimo sistemos naudoja skirtingus akies sekimo metodus. Čia apžvelgsiu tris sistemas, naudojančias skirtingus metodus, siekiant išsiaiškinti jų veikimo principus, efektyvumą ir tinkamumą.

3.1.1 Akies sekimo sistema su infraraudonais spinduliais

Akis yra apšviečiama infraraudonais spinduliais. Ji yra stebima su infraraudoniams spinduliams jautria kamera. Iš kameros gautame akies atvaizde ryškiai matomas akies vyzdžio ir ragenos atspindys (3.1 pav.). Akies vyzdžiui keičiant padėti ragenos atspindys išlieka toje pačioje vietoje. Lyginant akies vyzdžio atspindį su ragenos atspindžiu yra nustatoma akies žvilgsnio kryptis. Naudojami infraraudonieji spinduliai, nes apšvietus akis žmogus į juos nereaguoja. Juos gerai atspindi tik akies vyzdys ir ragena.



3.1 pav. Žvilgsnio sekimo sistema



3.2 pav. Žvilgsnio sekimo sistema

Tokia akies sekimo sistema susideda iš infraraudonųjų spindulių šaltinio, skirto apšviesti akį, infraraudoniems spinduliams jautria kamera, kuri gali automatiškai sufokusuoti reikiamą vaizdą ir sekti akies padėtį (3.2 pav.). Leistinos galvos judesio ribos nustatomos atsižvelgiant į tai, kokios yra kameros techninės galimybės, t.y. kokiam erdvės plote kamera gali sekti žmogaus galvos judesius.

3.1.2. Akies sekimas pagal vyzdžio padėtį

Šis metodas yra panašus į aukščiau aprašytą metodą. Skiriasi tuo, kad čia yra sekama tik vyzdžio padėtis. Dėl šios priežasties sistema tampa jautria galvos judesiams, nes galvai nukrypus nuo kalibravimo metu buvusios padėties, akies žvilgsnio kryptis gali būti nustatoma neteisingai. Paprastai to išvengiama tvirtinant kamerą ir mažą monitorių prie akies (3.3 pav.). Šiuo atveju vartotojas akies žvilgsniu naudojami mažame monitoriuje pavaizduota klaviatūra (3.4 pav.), kurios pagalba vartotojas suformuoja jo pageidaujamas komandas.



3.3 pav. Akies sekimas pagal vyzdžio padėtį

←	1	2	3	4	5	6
	A	B	C	D	E	7
	F	G	H	I	J	8
;	K	L	M	N	O	9
↖	P	Q	R	S	T	0
'	U	V	W	X	Y	-
\	Z	,	⊞	.	/	=

3.4 pav. Monitoriuje rodoma klaviatūra

Kitas būdas šiuo metodu sekti akies padėtį yra filmuojant visą vartotojo veidą. Šiam būdai yra naudojama paprasta internetinė kamera kartu su vaizdo apdorojimo programine įranga. Naudojantis šia įranga yra sekama vyzdžio padėtis kartu su visos akies padėtimi. Apdorojant veido atvaizdą yra surandama akies sritis. Toje srityje aptinkamas akies vyzdžis ir nustatoma vyzdžio padėtis. Tokiu būdu galima išvengti akies sekimo netikslumų pajudinus galvą.

3.1.3 Akies sekimas elektrodais pritvirtintais aplink akį

Šis metodas pagrįstas potencialų skirtumo tarp akies ragenos ir tinklainės matavimu (apie 1mV). Šis potencialų skirtumas sukuria elektrinį lauką, esantį galvos priekinėje dalyje. Šio lauko kryptis keičiasi kartu su akies vyzdžio padėtimi. Šis elektrinis laukas gali būti matuojamas su elektrodais, kurie išdėstyti aplink akį (3.5 pav.).



3.5 pav. Akies sekimas elektrodais pritvirtintais aplink akį.

Sistemos, kurios naudoja šį metodą yra sudarytos iš jautrių stiprintuvų ir mažo kompiuterio, kuris konvertuoja elektrodų signalus į skaitmeninį signalą pagal kurį sprendžiama kurioje padėtyje yra akis

3.2 Eksperimentuose naudojama įranga

Eksperimentuose akių judesiai buvo registruojami naudojant LC Technologies, Ltd sukurta akių judesių sekimo sistema EyeGaze System. Tai akies sekimo sistema su infraraudonais spinduliais. Šią sistemą sudaro dvi kameros, kurios yra pritvirtintos monitoriaus apačioje, jos yra reguliuojamos, t.y. galima pakelti arba nuleisti, taip pat galima reguliuoti fokusavimo nuotolį, kad būtų galima sukalibruoti tiriamojo žvilgsnį jam patogioje padėtyje. Kameros centruose yra nedideli, mažos galios infraraudonųjų

spindulių diodai, kiekvienoje kameroje po vieną diodą, kurie apšviečia akis (3.6 pav.). Kompiuteryje įmontuota vaizdo įvedimo plokštė.

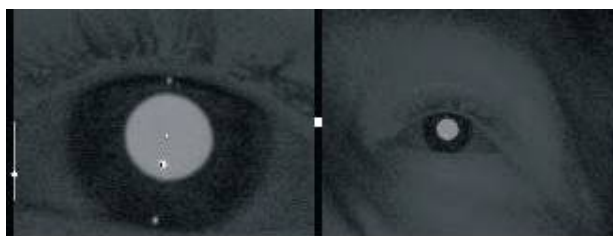
Sistemos veikimo principas toks pat kaip ir anksčiau aprašytame metode. Ragenos atspindžio vaizdas gaunasi dėl diodo šviesos, atsispindinčios nuo ragenos paviršiaus. Ryškus šviesus vyzdys gaunasi dėl infraraudonųjų spindulių diodo šviesos, atsispindėjusios nuo tinklainės ir grįžtančios atgal per vyzdį link diodo. Vaizdo kamera mato atspindį, grįžtantį iš vyzdžio link diodo, kadangi diodas yra sumontuotas kameros optinės sistemos centre.



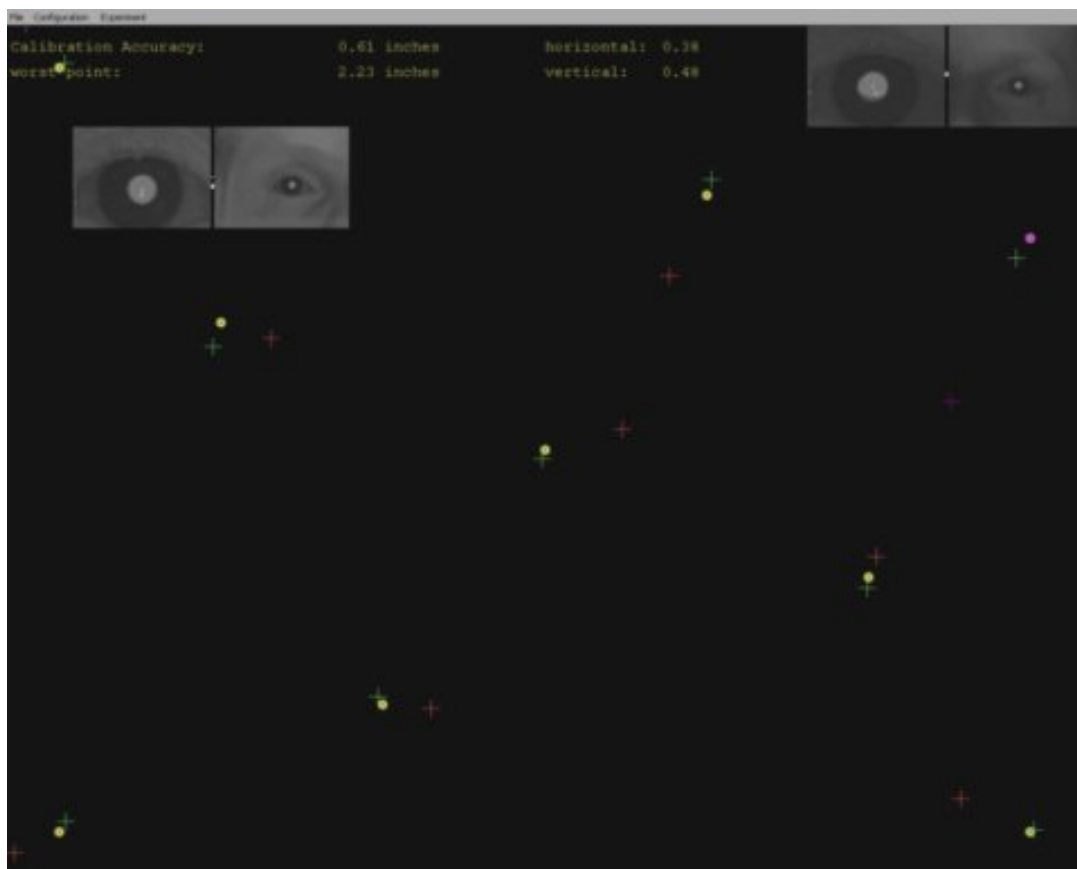
3.6 pav. Akių judesių sekimo kameros

Vaizdo apdorojimo programinė įranga, kadruose, gautuose iš kameros, pirmiausia ieško vyzdžio ir ragenos atspindžio, tada išmatuoja jų centro koordinatas ir apskaičiuoja žvilgsnio kryptį. Žvilgsnio kryptis šioje akių sekimo sistemoje matuojama naudojantis vyzdžio centro ir ragenos atspindžio (VCRA) metodu. VCRA metodas remiasi tuo, kad žvilgsnio kryptis yra tiesiogiai susijusi su vektoriumi nuo ragenos atspindžio iki vyzdžio centro vaizdo kadre.

Prieš atliekant eksperimentus su šia sistema būtina ją sukalibruoti. Tai daroma tiriamajam atsisėdus priešais monitorių. Tiriamasis turi būti nutolęs nuo kamerų tam tikru atstumu, kad kameros galėtų tinkamai sufokusuoti vaizdą ir iš jo išskirti akis. Jei monitoriaus dalyje kur yra rodomos akys vaizdas rodomas žalias, tai tiriamasis yra per toli, jei raudonas – per arti. Tinkamai esant tiriamajam vaizdas yra pilkas (3.7 pav.). Kai tiriamasis yra tinkamoje padėtyje paleidžiamas kalibravimas. Tiriamajam norint pradėti kalibravimą reikia pažiūrėti į kameras. Kalibravimo metu įvairiuose monitoriaus vietose rodomi taškai, kuriuos tiriamasis turi sekti (3.8 pav.). Tinkamai sukalibravus taškai dingsta, jei kalibravimas nepavyksta viskas kartojasi iš naujo. Tinkamai sukalibravus prietaisą galima pradėti tyrimą.



3.7 pav. Akies vaizdas gaunamas LC Technologies sistema

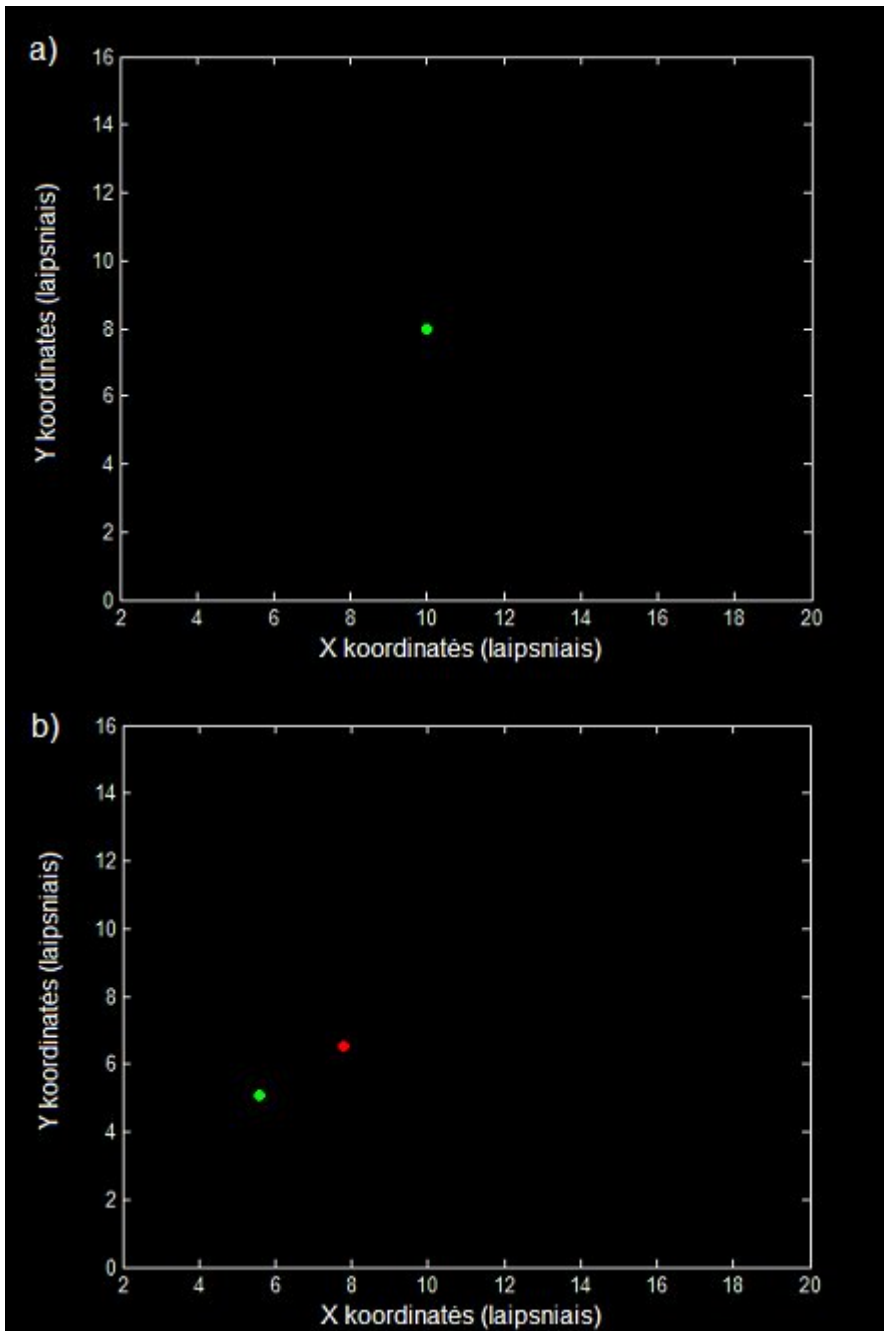


3.8 pav. Kalibravimo vaizdas ekrane

3.3 Eksperimentų aprašymai

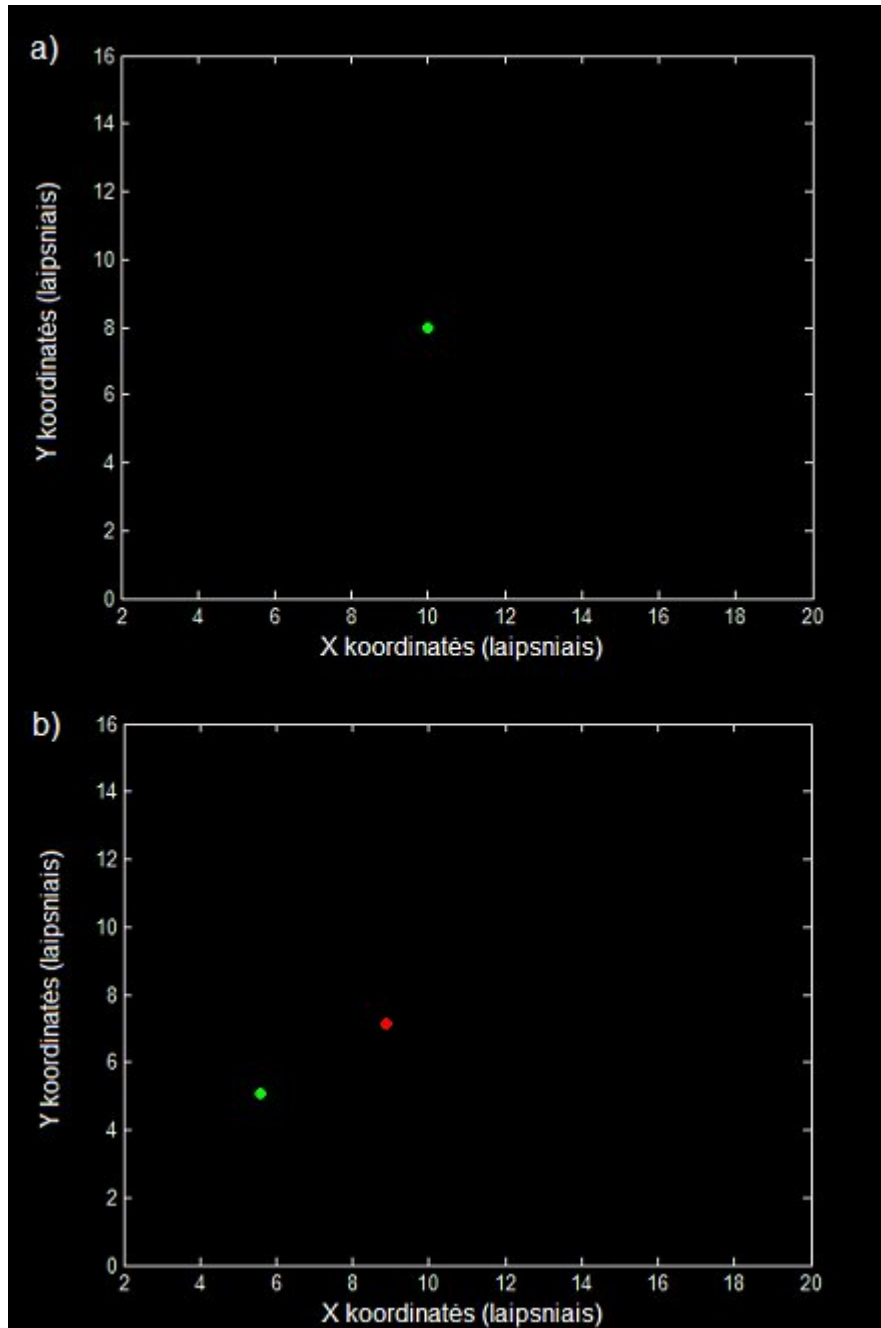
Eksperimentą atliko tiriamieji kurių regėjimas buvo geras ir jie nenaudojo jokių korekcinių priemonių. Taikiny buvo žalias taškas, o trikdys raudonas taškas, jie abu buvo vienodo diametro. Eksperimento pradžioje taikiny atsiradavo ekrano viduryje. Tiriamiesiems jis buvo rodomas 1667ms. Po to laiko taikiny užgesta ir atsiranda kitoje ekrano vietoje, taikiniui atsiradus atsiranda ir trikdys. Po taikinio atsiradimo praėjus 1500ms taikiny vėl užgesta ir vėl atsiranda vidurį ekrano. Vėlesnių taikinių rodymo laikas 1500ms. Taikiny su trikdžiu atsiranda 24 skirtingose ekrano vietose.

Pirmame eksperimente trikdis atsiranda pusiaukelėje iki taikinio (tarp ekrano vidurio ir taikinio 3.5 pav.). Trikdis pateikiamas įvairiais laikais (kartu su taikiniu, po 50ms kai taikinyis atsiranda, po 100ms ir po 150ms).



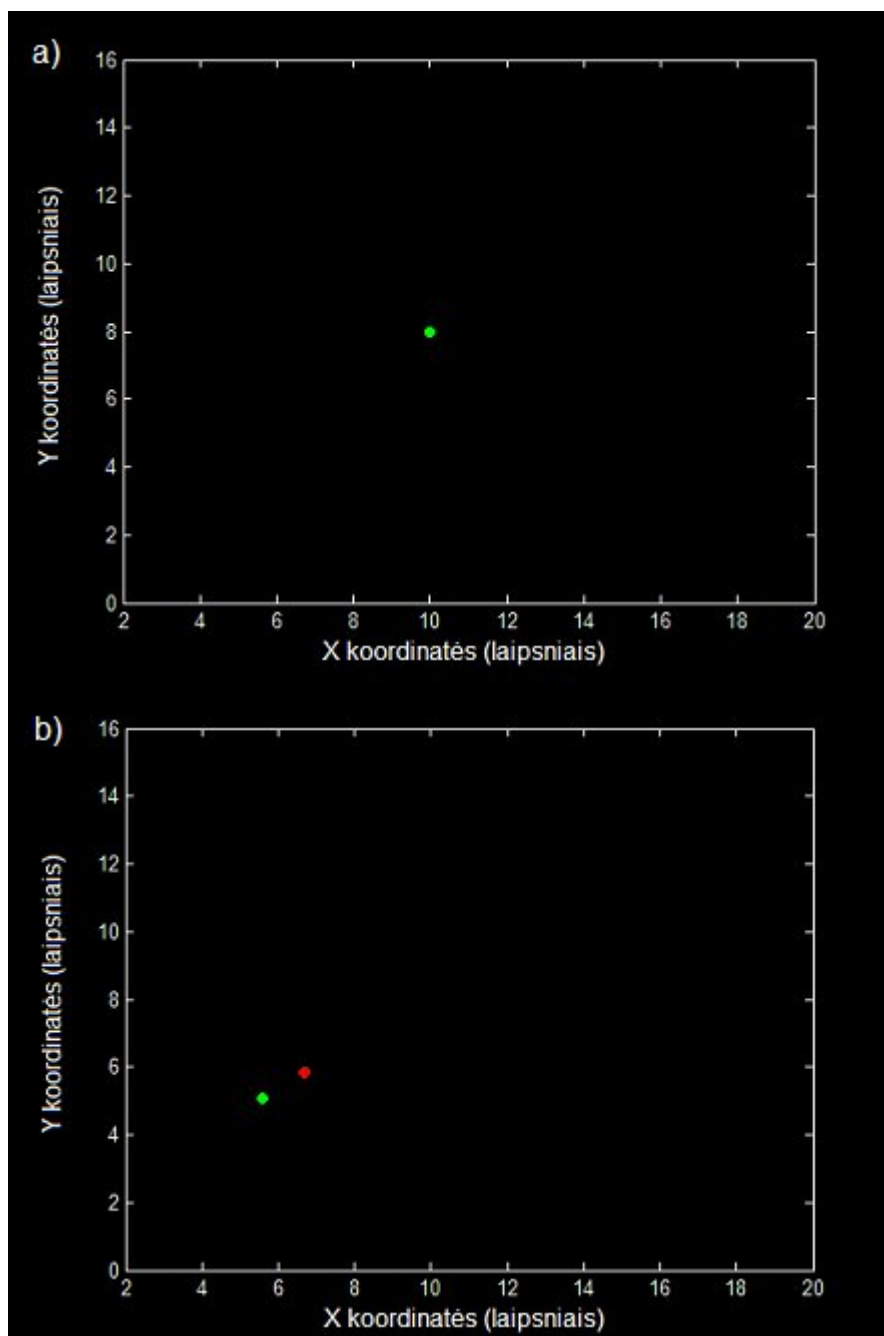
3.5 pav. Taikinyis ir trikdis. a) taikinyis atsiranda ekrano viduryje (fiksacijos taškas); b) fikacijos taškui pranykus taikinyis atsiranda kitoje vietoje, jam atsiradus atsiranda ir trikdis.

Antrame eksperimente trikdžis atsiranda tais pačiais laikais kaip ir pirmame eksperimente (kartu su taikiniu, po 50ms kai taikiny s atsiranda, po 100ms ir po 150ms). Taikinio atsiradimo vietos yra tokios pačios kaip ir pirmame eksperimente. Tik šiame eksperimente trikdžio atsiradimo vieta yra $\frac{1}{4}$ atstumo nuo ekrano vidurio iki taikinio (3.6 pav.).



3.6 pav. Taikiny s ir trikdžis. a) taikiny s atsiranda ekrano viduryje (fiksacijos taškas); b) fiksacijos taškui pranykus taikiny s atsiranda kitoje vietoje, jam atsiradus atsiranda ir trikdžis $\frac{1}{4}$ atstumu nuo ekrano vidurio (3.2.3. pav.).

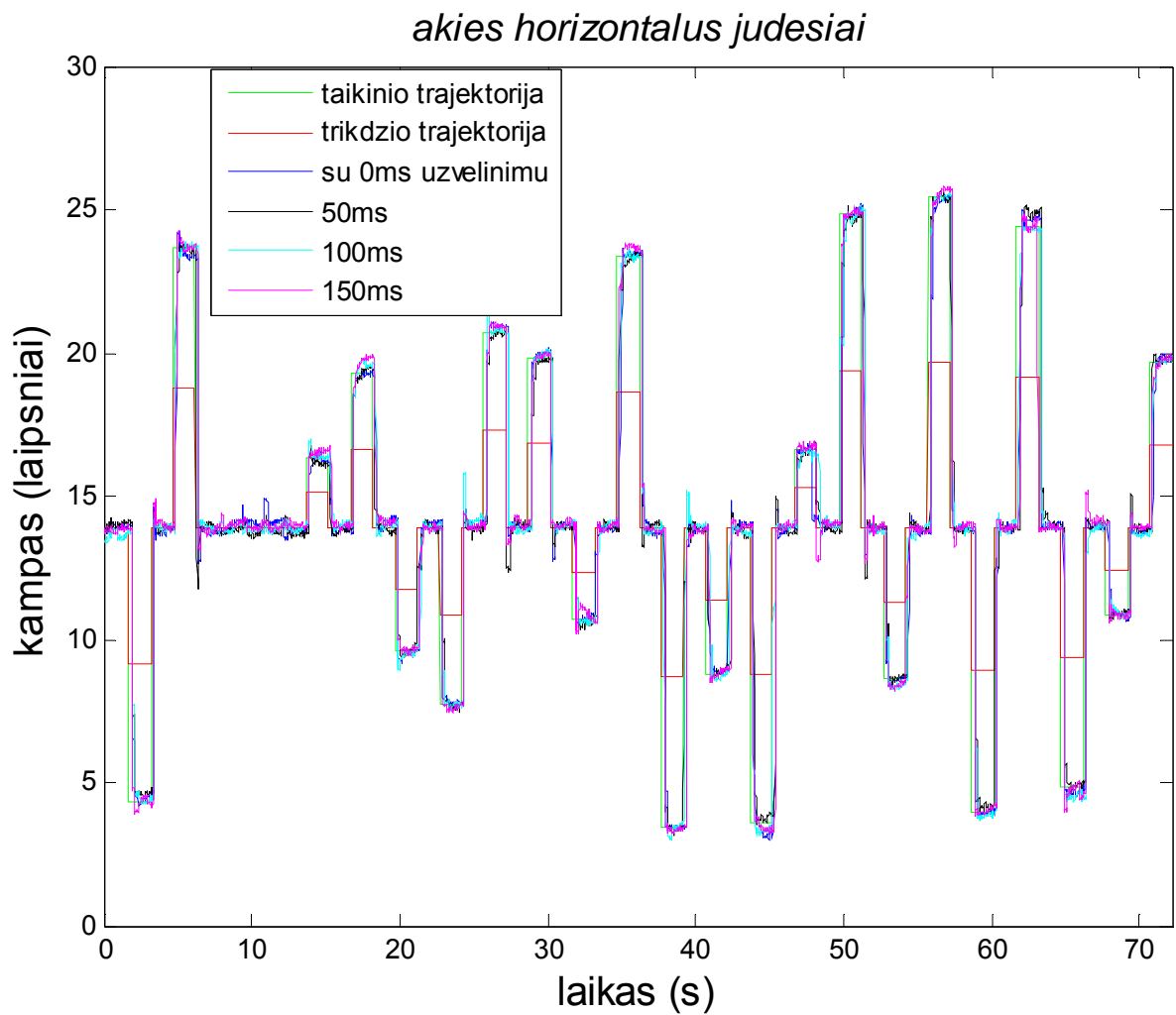
Tračiame eksperimente viskas vyksta kaip ir prieš tai buvusiuose eksperimentuose, tik šį kartą trikdžio atsiradimo vieta yra $\frac{3}{4}$ atstumo nuo ekrano vidurio iki taikinio (3.7 pav.).



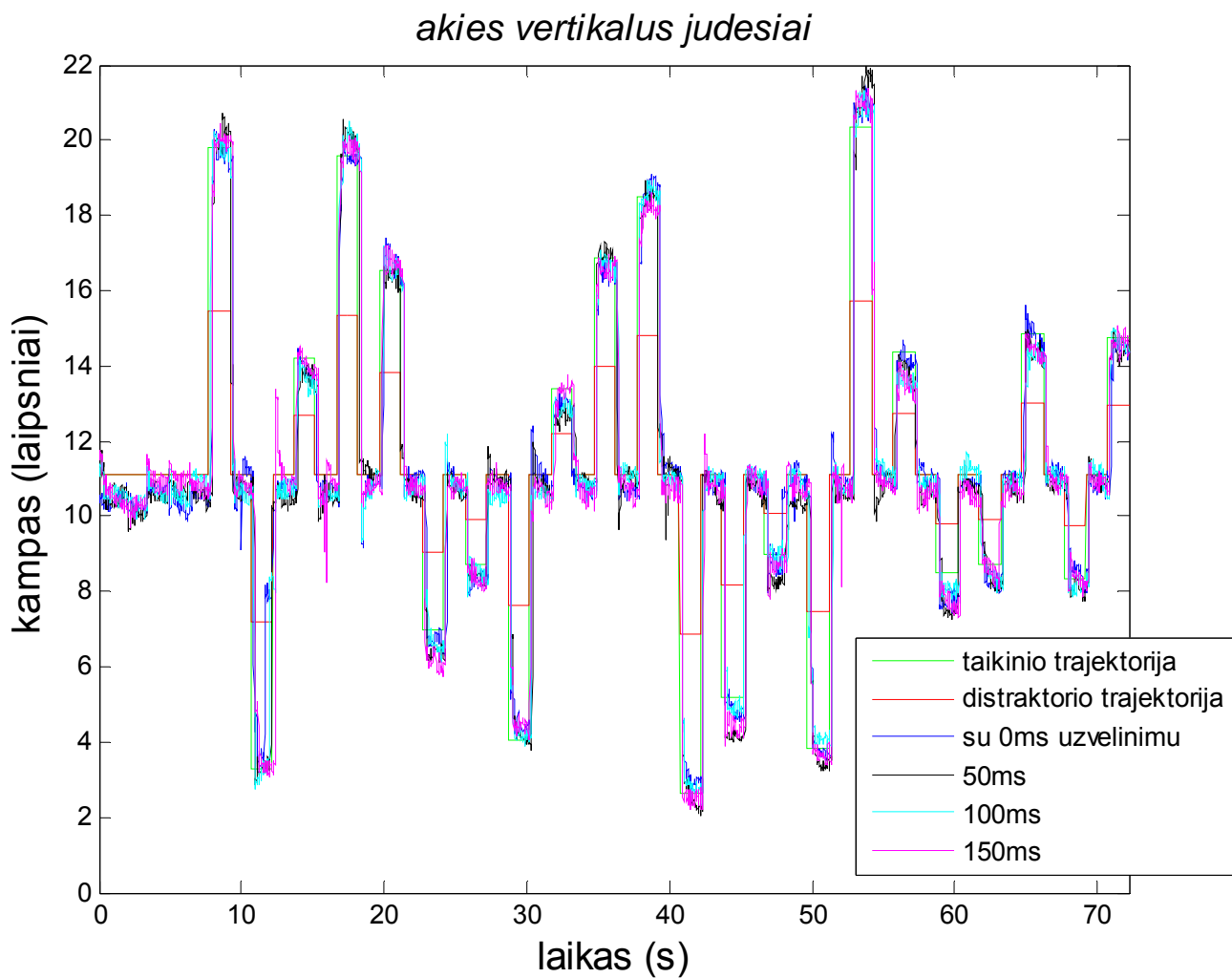
3.7 pav. Taikinyis ir trikdis. a) taikinyis atsiranda ekrano viduryje (fiksacijos taškas); b) fiksicijos taškui pranykus taikinyis atsiranda kitoje vietoje, jam atsiradus atsiranda ir trikdis $\frac{3}{4}$ atstumu nuo ekrano vidurio..

4. REZULTATAI

Eksperimentų rezultatai buvo apdorojami *MATLAB* ir Microsoft office Excel programomis. Atlikus eksperimentus, vizualiai atvaizduojame žiūros taško judesius, pagal gautas koordinates (4.1. pav., 4.2. pav.). Stebėjimo prietaiso parametrai buvo nustatyti taip, kad 1 laipsnio akies kampas atitiktų 46 pikselius kompiuterio ekrane. Akių žvilgsnis buvo fiksuojamas 120 kartų per 1 sekundę.



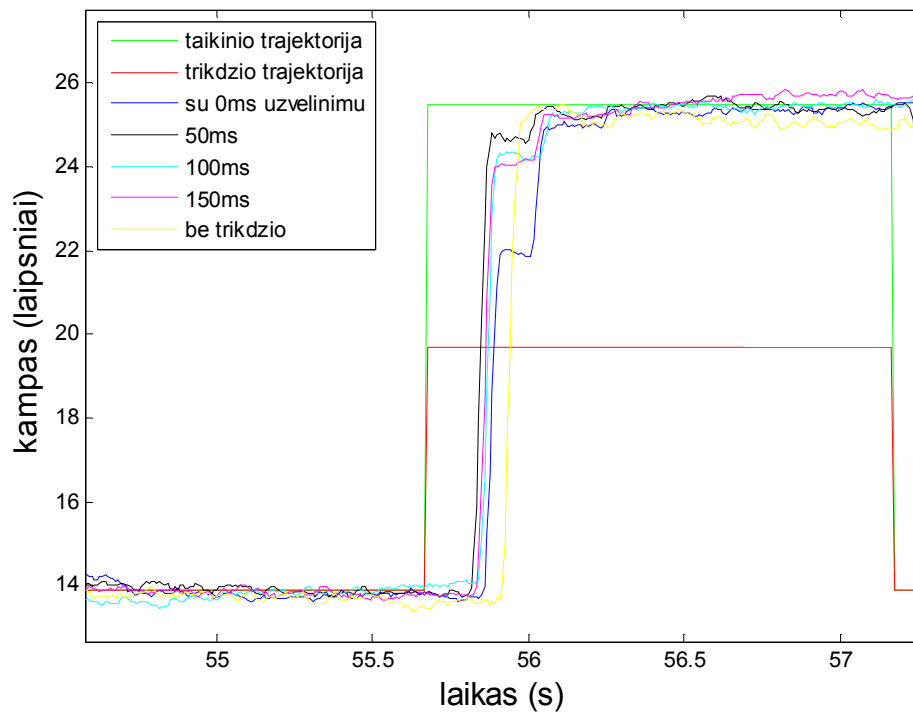
4.1 pav. Akies horizontalūs judesiai



4.2 pav. Akies vertikalūs judesiai

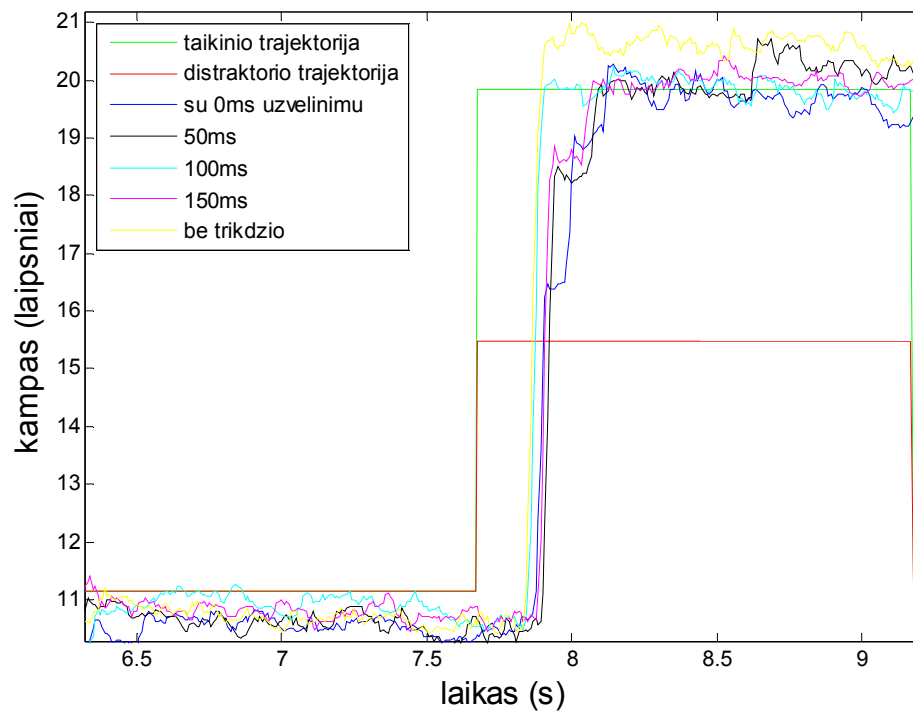
Iš gautų tiriųjų rezultatų apskaičiuojame kiek sykių akis sureagavo į trikdį. Tai darome tikrindami akies trajektorijas eksperimentuose su trikdžiu, atmetant netinkamas reikšmes ir vertinant 85% amplitudės (4.3. pav., 4.4. pav.). Iš apskaičiuotų rezultatų nubraižome lentelę su visų tiriųjų rezultatais (4.1. lent., 4.2. lent., 4.3. lent.). Taip pat nubraižome diagramas palygindami kaip trikdžio įtaką įtakoja trikdžio pasirodymo laikas akių horizontaliems ir vertikaliesiems judesiams (4.5. pav., 4.6. pav., 4.7. pav.). Tuos pačius duomenis panaudojame palyginimui kaip trikdžio pozicija įtakojo akių judesius (4.8. pav., 4.9. pav.).

akies horizontalus judesiai



4.3 pav. Akies horizontalūs judesiai

akies vertikalus judesiai



4.4 pav. Akies vertikalūs judesiai

Trikdžio įtaka akies žvilgsniui, kai trikdys atsiranda $\frac{1}{2}$ iki taikinio

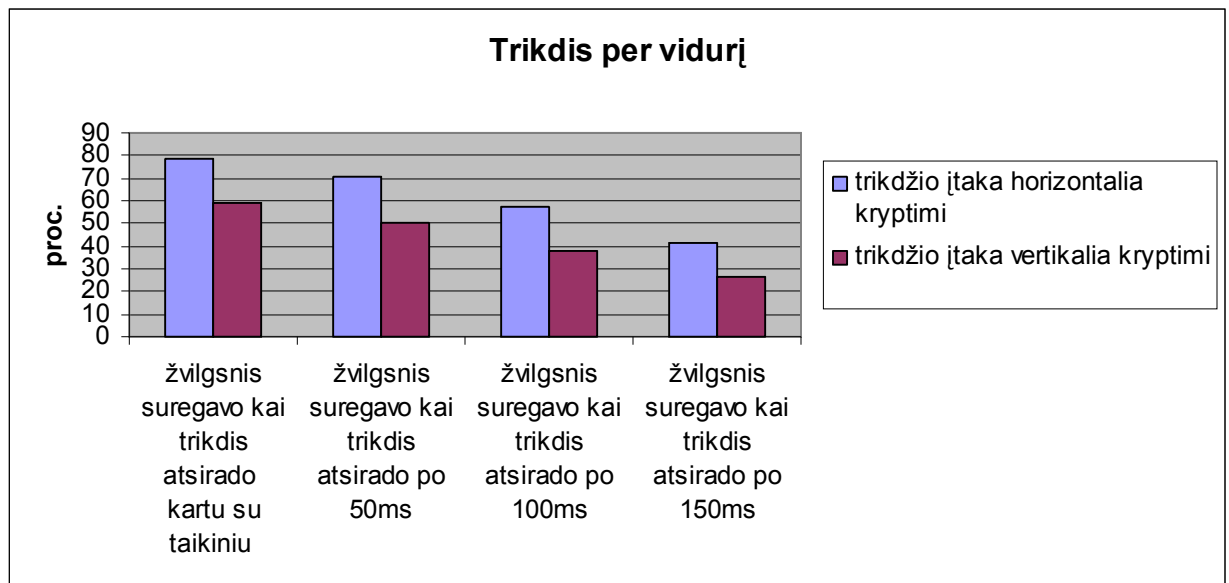
Trikdys 1/2 iki taikinio					
akies x koordinatės					
Nr.	Vardas	Trikdys kartu su taikiniu	Trikdys po 50ms	Trikdys po 100ms	Trikdys po 150ms
1	Dainora	20	19	16	12
2	leva	21	19	18	14
3	Tomas	19	15	8	3
4	Mantas	18	15	14	9
5	Justas	16	17	13	12
vidurkis		18.8	17	13.8	10
akies y koordinatės					
Nr.	Vardas	Trikdys kartu su taikiniu	Trikdys po 50ms	Trikdys po 100ms	Trikdys po 150ms
1	Dainora	20	13	11	9
2	leva	15	12	9	6
3	Tomas	14	14	8	6
4	Mantas	13	11	9	5
5	Justas	10	10	8	7
vidurkis		14.4	12	9	6.6

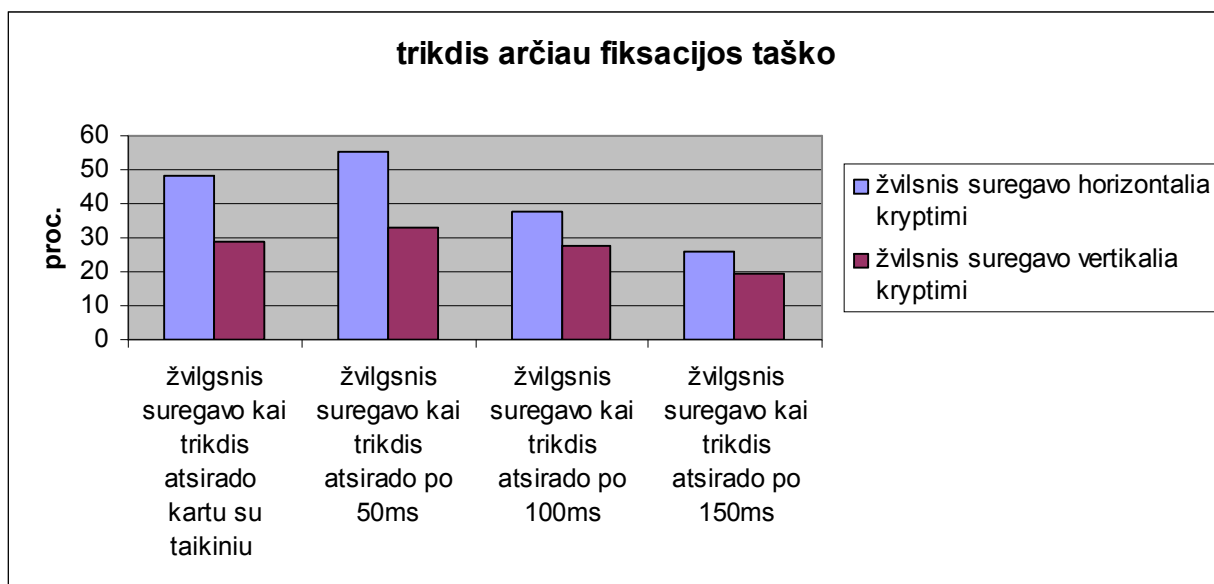
Trikdžio įtaka akies žvilgsniui, kai trikdys atsiranda $\frac{1}{4}$ iki taikinio

trikdis 1/4 iki taikinio					
akies x koordinatės					
Nr.	Vardas	Trikdys kartu su taikiniu	Trikdys po 50ms	Trikdys po 100ms	Trikdys po 150ms
1	Dainora	12	12	11	7
2	leva	10	11	7	6
3	Tomas	8	16	5	2
4	Mantas	15	16	11	7
5	Justas	12	14	12	9
vidurkis		11.4	13.8	9.2	6.2
akies y koordinatės					
Nr.	Vardas	Trikdys kartu su taikiniu	Trikdys po 50ms	Trikdys po 100ms	Trikdys po 150ms
1	Dainora	7	7	8	5
2	leva	6	7	5	6
3	Tomas	7	11	8	4
4	Mantas 2	7	7	6	3
5	Justas	6	7	7	6
vidurkis		6.6	7.8	6.8	4.8

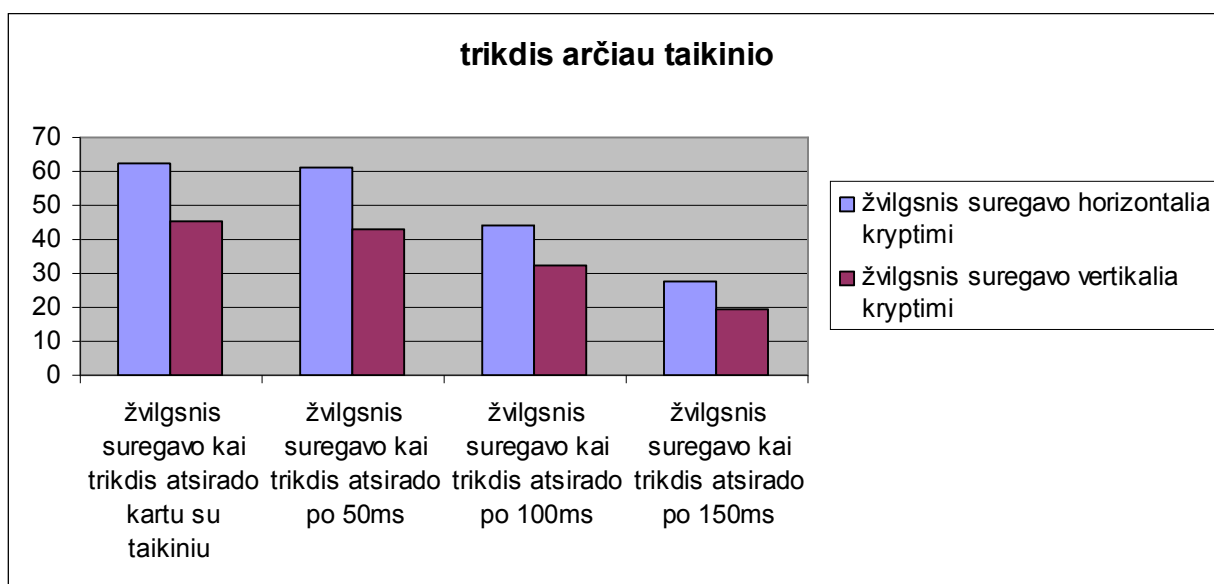
Trikdžio įtaka akies žvilgsniui, kai trikdis atsiranda $\frac{3}{4}$ iki taikinio

trikdis 3/4 iki taikinio					
akies x koordinatės					
Nr.	Vardas	Trikdis kartu su taikiniu	Trikdis po 50ms	Trikdis po 100ms	Trikdis po 150ms
1	Dainora	14	11	9	7
2	leva	18	16	14	9
3	Tomas	12	16	7	1
4	Mantas 2	15	17	13	8
5	Justas	16	15	11	8
vidurkis		15	15	10.8	6.6
akies y koordinatės					
Nr.	Vardas	Trikdis kartu su taikiniu	Trikdis po 50ms	Trikdis po 100ms	Trikdis po 150ms
1	Dainora	7	7	4	3
2	leva	16	11	10	5
3	Tomas	9	11	7	4
4	Mantas 2	11	11	9	4
5	Justas	11	12	9	8
vidurkis		10.8	10.4	7.8	4.8

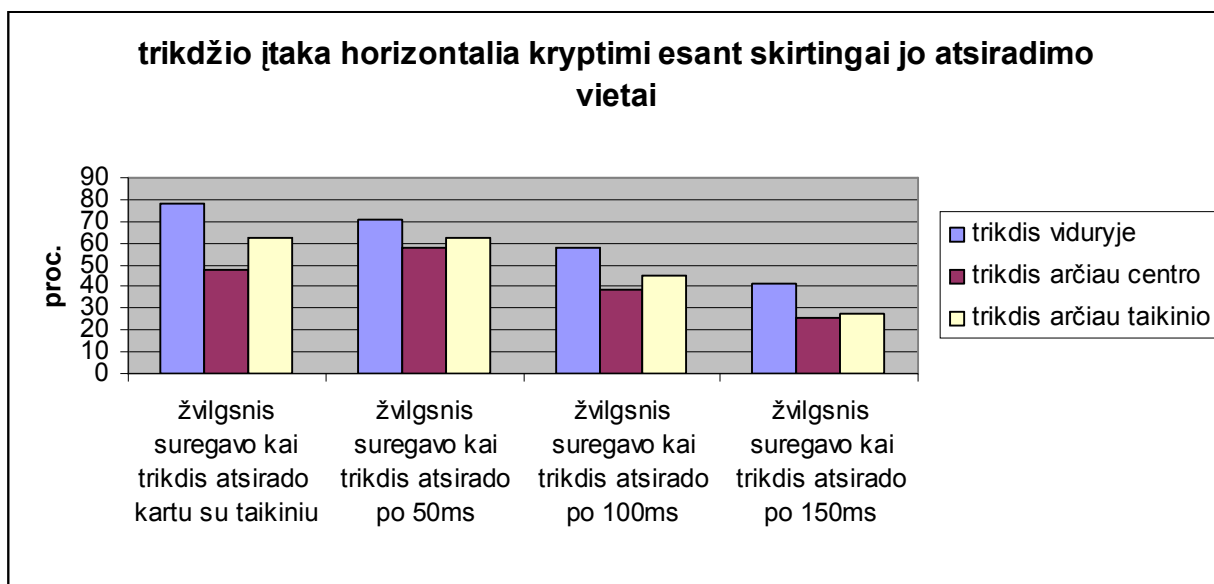
4.5 pav. Trikdžio įtaka akies šuoliams, kai trikdžio pasirodymo vieta $\frac{1}{2}$ kelio iki taikinio.



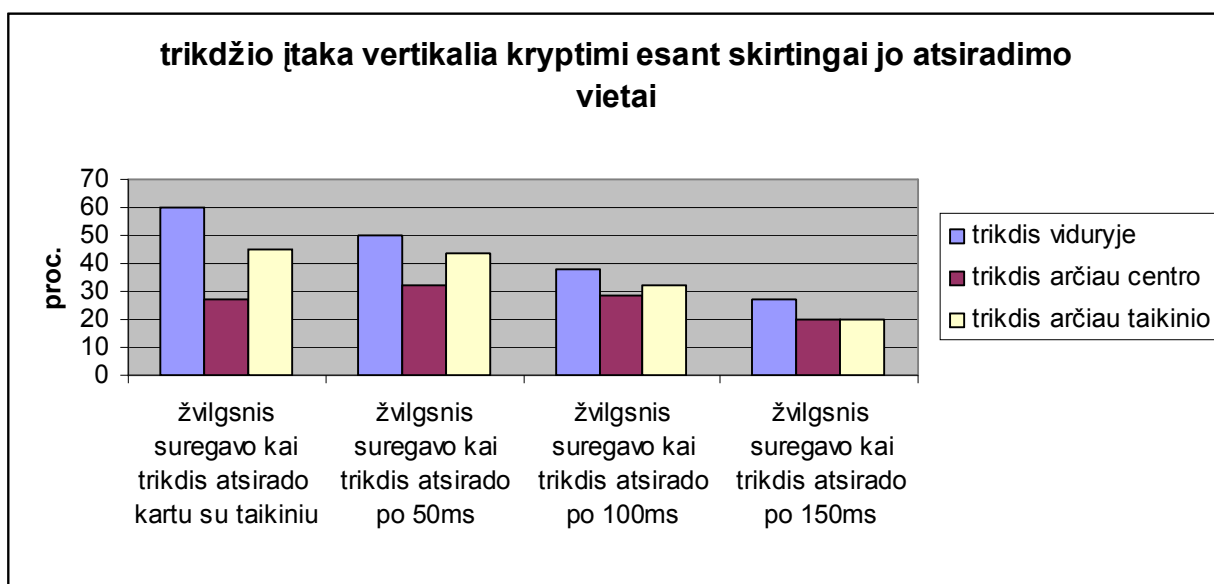
4.6 pav. Trikdžio įtaka akies šuoliams, kai trikdžio pasirodymo vieta $\frac{1}{4}$ kelio iki taikinio.



4.7 pav. Trikdžio įtaka akies šuoliams, kai trikdžio pasirodymo vieta $\frac{3}{4}$ kelio iki taikinio.



4.8 pav. Trikdžio įtaka akies horizontaliems šuoliniams judesiams, kai trikdžio pasirodymo vieta skiriasi.



4.9 pav. Trikdžio įtaka akies vertikaliesiems šuoliniams judesiams, kai trikdžio pasirodymo vieta skiriasi.

Eksperimentuose tai pat buvo nustatinėjami taikinio pasiekimo laikai esant trikdžių įtakai. Iš eksperimento rezultatų buvo išrinkti tie taikiniai, kurių pasiekimo trajektorijos buvo paveiktos trikdžių ir nustatyta kiek laiko prirėikė pasiekti taikinį (4.4 lent.).

Iš eksperimentų rezultatų matome, kad horizontalios trajektorijos buvo labiau įtakotos trikdžių nei vertikalios trajektorijos. Taip pat vertikalių judesių reakcijos laikai yra mažesni. Tai gali būti dėl to, kad akis turi šešis raumenis. Viena pora horizontaliems judesiams, kita pora vertikaliems judesiams ir pora įstrižinių raumenų, kurie taip pat valdo akį vertikalia kryptimi.

Reakcijos ir taikinio pasiekimo laikai

	be trikdžio	trikdis pusiaukelėje	trikdis arčiau centro	trikdis arčiau taikinio
reakcijos laiko vidurkis x ašyje (ms)	206	194	194	175
reakcijos laiko vidurkis y ašyje (ms)	195	193	197	175
taikinio pasiekimo x ašyje laiko vidurkis (ms)	62	192	218	220
taikinio pasiekimo y ašyje laiko vidurkis (ms)	56	189	202	208

Išvados

Atlikę koordinuotų žvilgsnio šuolinių judesių parametrų esant antriniams taikiniams (trikdžiams) tyrimą padarėme tokias išvadas:

1. Taikinio sekimas esant trikđžiams, yra pablogėjęs. Iš rezultatų gautų atliekant eksperimentus, matosi, kad didžiausią įtaka sekimui daro trikdis esantis per vidurį trajektorijos iki taikinio. Mažiausiai įtakos daro trikdis labiausiai nutolęs nuo taikinio (arčiausiai fiksacijos taško);
2. Taikinio, įtakoto trikđžio, pasiekimo laikas pailgėja ~150ms;
3. Taikinio, įtakoto trikđžio, pasiekimo horizontalios trajektorijos buvo labiau įtakotos nei vertikalios trajektorijos.

LITERATŪRA

1. A. Blužienė, V. Jašinskas (2005). Akių ligų vadovas. D. Narbutienės leidykla;
2. Andrius Kupčiūnas (2000). Žvilgsnio paklaidų analizė, sekant tolygiai judantį taikinį kompiuterio ekrane.
3. Andrius Šimaitis. Žmogaus sensomotorinių sistemų informacinis vertinimas. [žiūrėta 2011-01-15]. Prieiga per Internetą: <http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2009~D_20090828_132919-75429/DS.005.0.01.ETD>.
4. Andrew. T. Duchowski Eye Tracking Methodology 2007
5. Egidijus Kėvelaitis (2006). Žmogaus fiziologija. Kaunas :Kauno medicinos universiteto leidykla.
6. Barauskas (1996). Dvikoordinacių žmogaus galvos ir rankos sekamųjų judesių tyrimas
7. Jagminienė L., „Akių judesiai vizualinėje paieškoje“, [žiūrėta 2011-04-29]. Prieiga per internetą: <http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2005~D_20050609_010750-82118/DS.005.0.01.ETD>
8. Joo-Hyun Song, Naomi Takahashi, Robert M. McPeck (2008). Target Selection for Visually Guided Reaching in Macaque. Journal of neurophysiology. 2008, nr. 99, p. 14-24.
9. Laurutis V. Bayesian Decision Theory Application for Double-step Saccades / V. Laurutis, R. Zemblys // Electronics and Electrical Engineering. 2009, nr. 4(92), p. 99-102.
10. Laurutis V. Bekontakčiai akių judesių registravimo metodai // Elektronika ir elektrotechnika. ISSN 1392-1215. 1996, nr 6, p. 42-45.
11. Laurutis V. Bekontakčiai akių judesių registravimo metodai // Electronics and Electrical Engineering. 1996, nr. 6(12), p. 85–88
12. Laurutis V. / G. Daunys // COGAIN – ES projektas neigaliesiems. „Biomedicininė inžinerija“: tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga. ISBN 9955-25-151-4. Kaunas, 2006. p. 13-16.
13. Laurutis V. Fixational Eye Movements: Influence on the Accuracy in the Target Pointing Tasks / V. Laurutis, R. Zemblys, L. Buivis // Electronics and Electrical Engineering. 2009, nr. 5(93), p. 91–94.
14. Laurutis V., Niauronis S., Zemblys R., „Coordination of hand and gaze movements in humans during oculo-manual tracking“, [žiūrėta 2011-03-01]. Prieiga per internetą: http://bimc.su.lt/files/pub/laurutis_niauronis_zemblys_oculo-manual%20tracking.pdf

15. Laurutis V., Zemblys R., „Binokuliarinių fiksacinių akių judesių savybės“, [žiūrėta 2011-03-03]. Prieiga per internetą:
16. <http://bimc.su.lt/files/pub/laurutis_zemblys_binokuliniai_fiksaciniai.pdf>
17. LC Technologies, Inc. Section 2: User's manual. The eyegaze development system for windows NT/2000. 2003. Fairfax, Virginia 22031-4713 U.S.A.
18. Neuroscience, 2007 05 04, “Target Interception: Hand–Eye Coordination and Strategies”;
19. Neuroscience, 2007 09 01, “Eye–Hand Coordination in Object Manipulation”;
20. *Neurophysiol* 2006 May 17, ”Proprioceptive Guidance of Saccades in Eye–Hand Coordination”;
21. O.V. Anusevičienė, P. Cibas, L. Lilienė (2002). Žmogaus anatomija ir fiziologija :mokymo priemonė. Kaunas : Linos pasaulis;
22. Ramanauskas N. Calibration of Video-oculographical Eye-tracking System // Electronics and Electrical Engineering. 2006, nr. 8(72), p. 65-68.
23. Ramanauskas N. Point of gaze error investigation in video based eye tracking systems. Summary of Doctoral Dissertation. Kaunas, 2007. UDK 621.38:61 (043).
24. Romas Buzveitis. Fiksacinių akių judesių savybių tyrimas. [žiūrėta 2011-01-15]. Prieiga per Internetą: <http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2009~D_20090828_133905-76873/DS.005.0.01.ETD>.
25. STEVE W.C. CHANG, RICHARD A. ABRAMS, 2004, “Hand Movements Deviate Toward Distracters in the Absence of Response Competition”, *The Journal of General Psychology*, 328-344;
26. Strabismus – 2002, Vol. 10, No. 2, “Ocular kinematics and eye-hand coordination”;
27. T. Geyer, M. Zehetleitner, H.J. Muller (2010). Positional priming of pop-out: A relational-encoding account. *Journal of Vision*. 10(2):3, 1-17.
28. Atsunori Ariga (2004). The perceptual and cognitive distractor-previewing effect. *Journal of Vision*. 4, 891-903.
29. Miranda Scolari, Andrew Kohnen, Brian Barton, Edward Awh (2007). Spatial attention, preview, and popout: Which factors influence critical spacing in crowded displays?. *Journal of Vision*. 7(2):7, 1–23.
30. Katherine C. Bettencourt, David C. Somers (2009). Effects of target enhancement and distractor suppression on multiple object tracking capacity. *Journal of Vision*. 9(7):9, 1–11.