

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS KATEDRA

Romas Buzveitis
Signalų technologijos magistro studijų II kurso studentas

Fiksacinių akių judesių savybių tyrimas
Magistro darbas

Darbo vadovas:
prof. habil. dr. Vincas Laurutis

Šiauliai, 2009

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

doc. dr. G. Daunys

2009 06

Fiksacinių akių judesių savybių tyrimas
Magistro darbas

Vadovas

prof. habil. dr. Vincas Laurutis

2009 06

Atliko

RM7 gr. stud.

Recenzentas

Lektorius dr. Nerijus Ramanauskas

2009 06

Romas Buzveitis

2009 06

ŠIAULIAI, 2009

Buzveitis R. Information transferred capacity the research of fixational eyes movement characteristics. Master thesis of electronics / research advisor habil. dr. V. Laurutis, Šiauliai University, Faculty of Technology, Electronics department. Šiauliai, 2009

Summary

In this research binocular fixational eye movement were studied. Our eyes continually move even while we fix our gaze on an object. Although these fixational eye movements have a magnitude that should make them visible to us, we are unaware of them. Periodical drifting and flicking eye movements during fixation performs scanning of the perceived visual information. Fixational eye movements reduce an accuracy of the defined target direction in the target pointing tasks, therefore possibilities of filtering them was analyzed. It was found that for both eyes two-dimensional scatter of the fixational eye movements in the horizontal direction is 1.5-2 times smaller than in the vertical. Two-dimensional scatter of the differences of the right and left eyes movements are significantly smaller than scatter of the each eye measured separately. Scatter of the fixational eye movements is smaller when fixation is elicited to the visible spot in comparison to the imaginary target. Differences between means of the two-dimensional probability distribution of the fixational eye movements and the target directions stay within 10 min of arc. Standard deviations of the probability distributions changes only 10% when fixation spot is displaced up and down and changes 100% when it is displaced to the right and to the left. Scatter of the fixational eye movements is under the influence of the psychological concentration and influence of the alcohol of the operator.

TURINYS

ĮVADAS	5
1. REGOS SISTEMOS SAVYBĖS	7
1.1. Akies sandara.....	7
1.1.1 Pagrindiniai akies organai	7
1.1.2. Priediniai akies organai	10
2. AKIŲ JUDESIAI IR JŲ SAVYBĖS	12
2.1 Akių judesių tipai ir jų charakteristikos	13
2.2. Fiksacinės iliuzijos	15
2.3. Išnykstančios kraujagyslės	16
3. AKIŲ JUDESIŲ REGISTRAVIMO METODŲ APŽVALGA	17
4. Tyrimų metodika ir eksperimentinė įranga	19
4.1 Eksperimentų metu naudotos įrangos <i>EyeGaze System</i> konstrukcija ir veikimo principas	19
4.2 Nuosavų akių judesių matuoklio triukšmų nustatymas su dirbtine akimi.....	21
5. Eksperimentų rezultatai	23
5.1 Fiksacinių akių mikrojudesių sklaida.....	23
5.2 Alkoholio poveikis mikrojudesiams	24
5.3 Binokulinius dviejų koordinačių fikscinius akių mikrojudesius stebint taikinį, esantį matymo lauko dešinėje, kairėje, viršuje ir apačioje bei sutrikus koncentracijai dėl alkoholio poveikio. ...	31
5.4 Bandymas su taikiniu	38
IŠVADOS	40
LITERATŪRA	41

ĮVADAS

Regos sistema žmogaus gyvenime ir veikloje yra viena iš svarbiausiųjų. Jos pagalba žmogus ne tik gauna reikiamą regimąją informaciją, bet ir orientuojasi erdvėje. Dėl išskirtinio tobulumo ir sudėtingumo regos organas - akis - dažnai apibūdinama kaip smegenų žievės dalis išvesta į kūno paviršių. Akies tinklainė turi 200 tūkstančių receptorių, o centrinė nervų sistema (CNS) regimąją informaciją apdoroja 2 tūkstančių bitų per sekundę greičiu. Daugiausiai receptorių akies tinklainėje sutelkta jos centrinėje dalyje - geltonojoje dėmėje (angl. fovea).

Rega iš esmės yra laikoma sensoriniu elementu, nes ji suteikia daugiausiai informacijos apie mus supantį pasaulį. Tačiau dėl gerai išvystyto centrinio matymo ir dėl to atsiradusio poreikio nukreipti žvilgsnį į pasirinktą objektą, regos sistema taip pat pasižymi geromis motorinėmis savybėmis. Nors kitos žmogaus sensorinės sistemos: klausa uoslė, lytėjimas, skonis dėka savo jutiminių organų taip pat pagal poreikį gali keisti savo padėtį, tačiau šios dvigubos savybės – sensorinė ir motorinė - sunkiai sulyginamos su regos sistemos judėjimo dinaminėmis galimybėmis. Tokiu būdu regos sistemą išskirtinai galime laikyti kartu turinčią geras tiek sensorines tiek motorines savybes. Nesunku suprasti, kad tiriant regos sistemą mokslininkų dėmesį traukia ne tik labai geros regėjimo savybės, bet ir regos sistemos krypties (akių ir galvos posūkių) valdymo galimybės. Žiūros linijos krypties valdymo sistema kaip regos sistemos motorinė dalis yra vadinama okulomotorine sistema. Nustatyta, kad akių judesių valdymo sistema turi kelias posistemės. Tai fiksacinių, šuolinių (sakadinių) sekimo akių judesių posistemės. Išskirtinis vaidmuo valdant žiūros linijos kryptį tenka vestibulariniam akies refleksui (VOR - Vestibular Ocular Reflex). Tai akių judesių valdymo posistemė, kuri, pasukus galvą, akis pasuka tokiu pat kampu, bet priešinga kryptimi. Vestibularinis akies refleksas leidžia išsaugoti centrinį matymą tiek aktyviai tiek pasyviai sukiojant galvą. Be jau minėtų akių judesių valdymo posistemių dar yra optokinetinio ir vestibularinio nistagmų posistemės bei konvergencinė posistemė kontroliuojanti abi akis stebint arti esančius objektus.

Tiriant fiksacinių akių judesių paskirtį, tyrėjus nustebino viena labai įdomi regos sistemos savybė. Jeigu stebimas objektas dirbtinai (naudojant specialią įrangą) tikrai sustabdomas akies tinklainėje, po kelių sekundžių toks objektas tampa nebematomas. Toks eksperimentas yra vadinamas objekto fiksacija akies tinklainėje ir sudaromas tuomet, kada stebimas objektas juda kartu su akies mikrojudesiais. Tokį eksperimentą galima sukonstruoti dviem būdais. Pirmuoju būdu, kurį naudojo A. Jarbusas, akies siurbtukas su mažu ekranėliu uždedamas ant akies obuolio, todėl, suprantama, kad ekranėlyje esantis vaizdas judės kartu su akimi ir bus nejudantis akies tinklainėje. Antras būdas yra sudėtingesnis ir paremtas grįžtamojo ryšio principu taip, kad stebimas ekrane objektas yra judinamas pagal tokią pat trajektoriją kaip ir akies mikrojudesiai. Šiam tikslui

reikia registruoti akies mikrojudesius ir gauti signalu, tiksliai sukalibravus, valdyti ekrane esantį stebimą objektą. Stebimo objekto tapimą nematomu galima pasiekti ir ne laboratorijos sąlygomis naudojant specialius paveikslus.

Fiksuojamo objekto akies tinklainėje tapimas nematomu įrodo tai, kad akies tinklainės receptoriai reaguoja ne į pastovų, bet į kintantį šviesos srautą, nes esant pastoviam apšvietimui receptoriai nustoja perdavinėti signalus į CNS. Galime padaryti pirmą išvadą dėl fikscinių mikrojudesių paskirties: jie vykdo stebimo vaizdo skenavimą sužadindami akies tinklainės receptorių.

Naudojant žmogaus žvilgsnio krypties kontrolės sistemą stebimo objekto kampinių koordinacijų nustatymui skenuojantieji akies mikrojudesiai yra nenaudingi, nes jie sukelia virpesius (triukšmus) nustatytos koordinatės kryptimi ir tuo pačiu didina nustatytos kampinės koordinatės neapibrėžtį.

Darbo tikslas. Ištirti kairės ir dešinės akių horizontalaus ir vertikalios kanalų formuojamų fikscinių mikrojudesių (signalų) charakteristikas, žmogui stebint nejudantį taikinį, nustatyti šių charakteristikų priklausomybes nuo įvairių stebimo taikinio pateikimo būdų, ir žmogaus psichofiziologinių savybių su tikslu sumažinti fikscinių mikrojudesių įtaką žvilgsniu nustatant stebimo taikinio koordinates.

Norint pasiekti šį tikslą reikia išspręsti tokius uždavinius:

1. Susipažinti su mokslinėje literatūroje pateiktomis akių fikscinių mikrojudesių savybėmis.
2. Sudaryti eksperimentinį stendą, įgalinantį pateikti įvairius taikinius ir tirti binokulinius dviejų koordinacijų fikscinius akių mikrojudesius. Patikrinti nuosavas akių judesių matuoklio paklaidas panaudojant dirbtinę nejudančią akį.
3. Ištirti binokulinius dviejų koordinacijų fikscinius akių mikrojudesius stebint matomą taikinį, menamą taikinį, esantį tarp dviejų matomų taikinių, ir įsivaizduojamą taikinį tamsoje, kai taikinytis yra matymo lauko centre.
4. Ištirti binokulinius dviejų koordinacijų fikscinius akių mikrojudesius stebint taikinį, esantį matymo lauko dešinėje, kairėje, viršuje ir apačioje.
5. Ištirti binokulinius dviejų koordinacijų fikscinių akių mikrojudesių parametrų priklausomybę nuo žmogaus koncentracijos dėdėmiai fiksuojant taikinį ir imituojant šaudymo į taikinį veiksmą bei sutrikus koncentracijai dėl alkoholio poveikio.
6. Ištirus binokulinių dviejų koordinacijų fikscinių akių mikrojudesių parametrus nustatyti būdus, kaip sumažinti akių mikrojudesių įtaką žvilgsniu nustatant stebimo taikinio koordinates.

1. REGOS SISTEMOS SAVYBĖS

1.1. Akies sandara

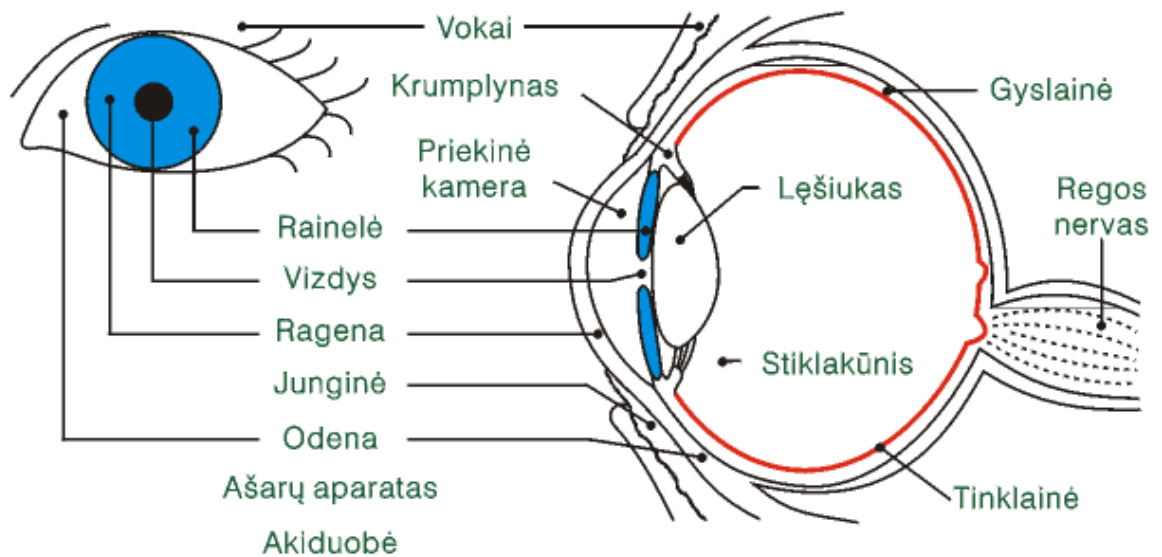
Žmogaus akis – žmogaus galvoje esantis organas, priimantis aplinkos informaciją matomoje elektromagnetinių bangų srityje ir transformuojantis ją į nervinius impulsus. Akies obuolys yra netaisyklingo rutulio formos, jo skersmuo yra apie 24 cm. Akies sandara ir veikimas panašus į fotoaparato, akis automatiškai reaguoja į stebimo objekto apšvietimą ir nuotolį iki jo taip, kad objektas būtų ryškiai matomas. Jis saugiai guli kaukolės akiduobėje. Skirtingai nuo daugelio gyvūnų akių, žmogaus akis sudėtingesnės sandaros, geriau skiria spalvotą vaizdą.

1.1.1 Pagrindiniai akies organai

Akies obuolys sudarytas iš kapsulės ir branduolio. Kapsulę sudaro 3 sluoksniai: išorinis – skaidulinis dangalas, vidurinis – kraujagyslinis dangalas, o vidinis – tinklainė. Akies branduolį sudaro skaidrios, šviesos spindulius laužiančios terpės (stiklakūnis, lęšis ir priekinė bei užpakalinė akies kameros).

Skaidulinis akies dangalas sudarytas iš jungiamojo audinio skaidulų. Jis padeda išlaikyti akies formą. Skiriamos dvi skaidulinio dangalo dalys, kurios pereina viena į kitą: priekyje yra skaidri permatoma ragena, o likusioji dalis – nepermatoma odena.

Ragena (žr. 1 pav.) – tai labiausiai išgaubta į priekį skaidri skaidulinio dangalo dalis. Į ją pirmiausia patenka šviesos spindulys. Ragena panaši į apvalų išgaubtą laikrodžio stiklelį. Jos skersmuo – apie 10-12 mm, centre jos storis yra apie 0,5-0,8 mm, o kraštuose – 1-1,2 mm. Ragena yra stipriausiai šviesą laužianti akies struktūra, jos optinė galia sudaro du trečdalius visos akies optinės galios. Ragena sudaryta iš 5 sluoksnių: išorinis sluoksnis – tai daugiasluoksnis neragėjantis epitelis, gilesni sluoksniai sudaryti iš jungiamojo audinio skaidulų, o vidinis sluoksnis – tai vienasluoksnis epitelis, pro kurį į rageną patenka vanduo iš akies kamerų skysčio. Iš išorės rageną nuolat vilgo plonytis ašarų sluoksnis, saugantis nuo išdžiūvimo, užkrato ir dulkių. Sveika ragena esti skaidri ir blizganti. Nedidelių traumų metu (pvz., brūkštelėjus per rageną lapu, spygliu, nagu, įstrigus svetimkūniams) nubraukiamas išorinis ragenos epitelis. Kadangi ragenoje gausu nervinių galūnelių, akį labai skauda, ji ašaroja, bijo šviesos. Jei pažeistas tik epitelis, jis greitai užgyja ir nelieka jokių pasekmių. Smarkiau pažeidus rageną (po nudegimų, gilių žaizdų, patekus infekcijai), susiformuoja ragenos drumstis, žmogus gali visai nematyti. Tuomet gelbsti tik ragenos transplantacija.[1]



1.1 pav. Akies sandara

Odena (sklera) sudaro pagrindinę skaidulinio dangalo dalį. Ji primena virto kiaušinio baltymą, todėl dar vadinama akių baltymu. Odena nepermatoma. Priekyje matomą odenos dalį iškloja junginė. Užpakalinė odenos dalis yra plona ir puri, pro angutes į akies obuolį įeina kraujagyslės ir nervai.

Kraujagyslinis dangalas yra tarp skaidulinio dangalo ir tinklainės. Tai minkštos konsistencijos, tamsus akies sienos sluoksnis, sudarytas iš akies obuolio kraujagyslių. Jį sudaro trys struktūriškai ir funkciškai skirtingos dalys: rainelė, krumplynas ir didžiausia užpakalinė dalis – gyslainė.

Rainelė yra priekinė kraujagyslinio dangalo dalis. Tai disko formos statmena plokštelė. Ji persišviečia pro rageną ir sudaro priekinės akies kameros užpakalinę sienelę. Išorinis rainelės kraštas tiesiogiai pereina į krumplyną. Užpakalinis rainelės paviršius priglunda prie lęšio. Šis paviršius yra išklotas pigmentinėmis ląstelėmis, kurios suteikia akims spalvą. Dažniausiai abiejų akių rainelės spalva vienoda, tačiau kartais būna ir skirtingų spalvų. Albinosų rainelėse pigmento nėra, todėl jų rainelė yra rausva nuo persišviečiančių kraujagyslių. Rainelės centre yra apvali anga – vizdys. Vizdžio skersmuo keičiasi priklausomai nuo patenkančios šviesos intensyvumo. Prietemoje vizdys išsiplečia, o ryškiai apšviestas susitraukia. Tai atlieka vizdį sutraukiantis ir plečiantis raumenys, tai nevalingas procesas. Be to, vizdžio skersmuo kinta susijaudinus, vartojant tam tikrus vaistus ar narkotines medžiagas.

Krumplynas sudarytas iš jungiamojo audinio, lygiųjų raumenų, kraujagyslių, nervų ir pigmentinių ląstelių tinklo. Svarbi jo dalis yra krumplyninis raumuo, šį raumenį sudaro trimis kryptimis išsidėsčiusios raumeninės skaidulos. Prie krumplyno tvirtinasi lęšio pakabinamasis raištis. Krumplyno raumenims susitraukiant įtemptas arba atpalaiduojamas lęšio raištis, todėl kinta lęšio išgaubtumas ir kartu jo laužiamoji geba. Taip prisitaikoma ryškiai matyti įvairiu atstumu esančius

daiktus (šis procesas vadinamas akies akomodacija). Pvz., žiūrint iš arti, krumplyno raumuo susitraukia, lęšis stipriau išsigaubia ir stipriau laužia šviesą. Krumplyno kapiliarų kamuolėliai gamina specifinį skystį, kuris užpildo akies obuolio kameras.

Gyslainė sudaro šoninę ir užpakalinę kraujagyslinio akies obuolio dalį. Odeną sudaro kraujagyslių ir nervų tinklas, kurio tarpus užpildo jungiamasis audinys ir pigmentinės ląstelės. Pastarosios suteikia odenai tamsiai rudą spalvą.

Tinklainė – tai vidinis akies obuolio dangalas, išklojantis akį nuo vyzdžio krašto iki regos nervo išėjimo vietos. Tai plona plėvelė, apšviesta atrodo rausva. Tinklainę sudaro du skirtingi sluoksniai: išorinis pigmentinis ir vidinis smegeninis. Pastarajame išsidėsto šviesai jautrios ląstelės – lazdelės ir kolbelės. Jose šviesos bangų dirgikliai virsta nerviniais impulsais. Lazdelių yra daugiau, jos išsiskleidę po visą tinklainę. Kolbelių yra mažiau, jos susitelkę centrinėje tinklainės dalyje. Kolbelės suvokia tik ryškią šviesą, padeda skirti smukias detales ir spalvas. Kolbelėse yra specifinio fotoreagento – jodopsino. Lazdelės pritaikytos matyti tamsoje, jomis spalvų neskiriame, bet įžiūrime objekto formą. Tamsoje spalvų nematome. Dėl kolbelių veiklos sutrikimo žmogus gali neskirti vienos ar kelių spalvų (dažniausiai raudonos arba žalios). Tai paveldima liga – daltonizmas. Ji diagnozuojama specialiu spalvų testu.

Arti tinklainės geometrinio centro yra iškilimas – regos nervo diskas. Pro jį į tinklainę įeina ir išeina kraujagyslės bei nervai. Šioje vietoje nėra šviesai jautrių receptorių, todėl ši sritis vadinama akląja dėme. Netoli jos yra jautriausia tinklainės vieta – geltonoji dėmė. Ji sudaryta tik iš kolbelių, čia didžiausia tinklainės skiriamoji geba, daiktai matomi ryškiausiai. Akies žvilgsnis nukreipiamas taip, kad stebimo objekto atvaizdas atsidurtų geltonojoje dėmėje. Nuo objekto einantys spinduliai lūžta akies audiniuose ir geltonojoje dėmėje susidaro apverstas objekto atvaizdas. Abiejų akių tinklainėje susidarę atvaizdai šiek tiek skiriasi, kadangi kiekviena akimi objektą matome šiek tiek kitu kampu. Todėl galime geriau pajusti daiktų išsidėstymą erdvėje ir atstumą iki jų. Viena akimi tai žymiai sunkiau. Erdvės ir atstumo pojūtis priklauso ir nuo patirties.

Akies obuolio branduolį sudaro skaidrios, šviesą laužiančios terpės: stiklakūnis, lęšis, priekinė ir užpakalinė akies kameros bei jas užpildantis skystis.

Stiklakūnis yra drebučių konsistencijos masė, užpildanti akies ertmę tarp tinklainės ir lęšio užpakalinio paviršiaus. Pagrindinė stiklakūnio funkcija – atraminė, jis palaiko akies formą. Be to, praleidžia ir nedaug laužia šviesos spindulius.

Lęšis yra abipus išgaubtas, skaidrus organas. Priekinis jo paviršius atsisukęs į rainele, o užpakalinis – į stiklakūnį. Lęšį dengia homogeninė kapsulė. Lęšis gali keisti išgaubtumą priklausomai nuo krumplyno raumenų įsitempimo. Taip reguliuojamas spindulių laužimas ir prisitaikoma ryškiai matyti daiktus. Senstant lęšis netenka elastingumo, todėl darosi sunkiau matyti artimus daiktus. Apie 40-45 metus iki tol gerai matęs žmogus negali skaityti ar dirbti smulkių darbų

iš įprasto atstumo. Tai vadinama senatvine toliaregyste (presbiopija). Šis sutrikimas ištaisomas parinkus tinkamus akinius. Senatvėje lęšis dažnai padrumstėja, regėjimas laipsniškai blogėja (tai vadinama katarakta). Katarakta gydoma implantuojant dirbtinį lęšiuką. Dėl lęšio išgaubtumo arba akies obuolio ilgio pakitimų, stebimo objekto atvaizdas gali susidaryti ne tinklainėje, tuomet jis būna neryškus. Taip būna trumparegystės ir toliaregystės atvejais. Šiuos regos sutrikimus galima ištaisyti parinkus tinkamus akinius.

Priekinė akies kamera yra tarp rainelės ir ragenos, o užpakalinė akies kamera – tarp rainelės ir lęšio. Abi kameros susisiečia per vyzdį. Kameras užpildo specifinis skystis, kurį gamina krumplyno kapiliarų kamuolėliai. Skysčio perteklius nuteka į rainelės ir ragenos kampe esantį veninį kanalą. Sutrikus skysčio nutekėjimui, didėja akispūdis ir susergama glaukoma. Tai pavojinga liga, kurią būtina gydyti, kitaip žmogus gali apakti.

Regos nervas – Tinklainės lazdelės ir kolbelės jungiasi su kitomis tinklainės nervinėmis ląstelėmis, kurių aksonai susijungia ir sudaro regos nervą. Šis nervas prasideda regos nervo disku. Toliau jis eina akiduobe, patenka į kaukolės ertmę. Čia dalis abiejų regos nervų skaidulų susikryžiuoja ir patenka į požiėvinius regos analizavimo centrus, kurie yra vidurinėse ir tarpinėse smegenyse. Šie centrai dalyvauja refleksinėse reakcijose, susijusiose su šviesos dirgikliais, užtikrina darnią abiejų akių veiklą, abiakį regėjimą. Čia yra vyzdžio refleksų ir krumplyno raumens reguliavimo centrai. Šių centrų neuronų aksonai eina į žievinį regos centrą, kuris yra smegenų pakaušinėje skiltyje. Čia iš tinklainės gauti impulsai virsta jutimu, sujungiami abiejų tinklainių vaizdai į vieną, atpažįstamas objektas, suvokiama jo forma, spalva.

1.1.2. Priediniai akies organai

Akies priediniai organai – tai akį saugantys ir judinantys organai: vokai, ašarų aparatas, antakiai, junginė, akies obuolio raumenys.

Vokai yra pusemėnulio formos odos raukšlės, esančios prieš akies obuolį. Be odos, vokus sudaro raumenys ir kremzlė. Raumenys judina vokus: juos pakelia arba nuleidžia. Ant vokų krašto auga trumpos, šiurkštokos blakstienos. Viršutinį voką iš viršaus riboja antakis. Vokai ir blakstienos saugo akies obuolį, taip pat mirksint nuolat vilgoma ragena ir junginė.

Junginė – plona skaidri jungiamojo audinio plėvelė, dengianti akies obuolį ir išklojanti vokų vidinius paviršius. Ji pereina į ragenos išorinį epitelį.

Ašarų aparatą sudaro ašarų liauka ir ašarų ištekamieji latakai. Ašarų liauka gamina skaidrų, bespalvį, sūraus skonio skystį – ašaras. Ši liauka yra pupos formos, jos plotis – apie 2-2,5 cm, ji yra virš akies obuolio, o jos latakas atsiveria po viršutiniu voku. Be pagrindinės ašarų liaukos visoje junginėje yra daug smulkių ašarų liaukučių, kurios nuolat gamina ašaras ir vilgo akies obuolį. Ašaros išplauna smulkius svetimkūnius, neleidžia išdžiūti ragenai ir junginei. Normaliai per parą

išsiskiria apie 1 ml ašarų. Susijaudinus (verkiant) ašarų pasigamina žymiai daugiau. Praplovusios junginę ašaros susirenka į ašarų maišelį ir nutekamaisiais latakėliais nuteka į nosies ertmę. Sutrikus nutekėjimui, ašaros rieda skruostais (pvz., taip būna sloguojant, kai išburksta nosies gleivinė ir ašaros negali nutekėti į nosies ertmę). Tam tikrų ligų metu gali sutrikti ašarų gamyba, akis pradeda džiūti, perštėti. Tuomet naudojamos dirbtinės ašaros.

Akies obuolio raumenys. Kiekvieną akį judina 6 raumenys: 4 tiesieji ir 2 įstrižiniai, todėl akies obuolys gali judėti įvairiomis kryptimis ir nukreipti žvilgsnį taip, kad geriausiai matytume stebimą daiktą. Abiejų akių judesiai yra tiksliai suderinti. Sutrikus akį judinančiam aparatui, atsiranda žvairumas. Dažnai žvairuojanti akis silpniau mato. Žvairumą būtina pradėti kuo anksčiau gydyti, tam naudojami specialūs akiniai, prireikus operuojama.

Vienos akies ar abiejų akių nukrypimas nuo normalios padėties arba nevalingi akių judesiai (nistagmas) gali būti neurologinių ligų (galvos smegenų insulto ar navikų) požymis.

2. AKIŲ JUDESIAI IR JŲ SAVYBĖS

Jau šimtmečius žinoma, kad akys nesustodamos juda. Pavyzdžiui, 1860 m. vokiečių gydytojas ir fizikas Hermanas fon Helmholtzas (Hermann von Helmholtz) tvirtino, kad sunku išlaikyti akis nejudančias ir manė, kad klaidžiojantis žvilgsnis apsaugo tinklainę nuo nuovargio. Iš tikrųjų gyvūnų nervų sistema išsivystė taip, kad galėtų atpažinti aplinkos pokyčius, nes šis gebėjimas užtikrina išlikimą. Judėjimas regėjimo lauke gali reikšti, kad artinasi priešas arba auka sprunka. Šie pokyčiai skatina regos neuronus kaip atsaką generuoti elektrocheminius impulsus. Nekintami objektai paprastai nekelia grėsmės, todėl gyvūnų smegenys ir regos sistema nėra prisitaikę juos pastebėti. Iškalbingiausias pavyzdys yra varlės. Ramiai ant sienos tupinti musė varlei nematoma, kaip ir visi kiti statiški objektai. Bet vos tik musė pradės skristi, varlė nedelsdama ją pastebės ir sugaus liežuviu.

Varlės negali matyti nejudančių dalykų, nes, kaip manė Helmholtzas, nekintamas dirgiklis sukelia neuronų adaptaciją, regos neuronai pamažu nustoja generavę impulsus ir liaujasi reagavę. Neuronų adaptacija tausoja energiją, tačiau kartu riboja jutimų suvokimą. Žmogaus neuronai taip pat prisitaiko prie monotoniškumo. Tačiau žmonių regos sistema, atpažįstanti nejudančius objektus, funkcionuoja žymiai geriau nei varlės, nes žmogaus akys juda savaime. Fiksaciniai akių judesiai perkelia visą matomą vaizdą į kitą tinklainės vietą, taip ragina regos neuronus aktyviai veikti ir padeda išvengti neuronų adaptacijos. Taip šie judesiai apsaugo, kad nekintami dalykai neišnyktų. 1804 m. šveicarų filosofas Ignacas Paulis Vitalis Troksleris (Ignaz Paul Vital Troxler) paskelbė apie vaizdo išnykimo žmogui atvejį. Šis fenomenas susijęs su susilpnėjusiais fiksaciniais akies judesiais. Troksleris pastebėjo, kad sąmoningai sulaikius žvilgsnį ties koku nors objektu, statiški vaizdai aplinkiniame regėjimo lauke palengva išnyksta. Šis išnykimo fenomenas jums pasitaiko kiekvieną dieną, nes sąmoningas žvilgsnio sulaikymas ties koku nors objektu trumpam sulėtina arba sumažina fiksacinius akių judesius, kurie už fiksuoto objekto ribų ir taip yra ne tokie veiksmingi. Taigi net nestipriai sumažėjus akių judesių greičiui ar amplitudei regėjimas gerokai suprastėja. Jūs net nepastebite to pablogėjimo, nes nekreipiate dėmesio į nematomą regėjimo lauko dalį, tuo tarpu sutelkiate žvilgsnį į tai, kas yra tiesiai prieš jus.

Visiškai nuslopinti akių judesius įmanoma tik laboratorijoje. XX a. 6 dešimtmečio pradžioje kai kurie tyrėjai to pasiekė pritausę mažą skaidrų projektorių prie kontaktinio lęšio ir pritvirtinę šį lęšį prie tiriamo žmogaus akies. Su tokiu įrenginiu tiriamasis stebi projektuojamą vaizdą per kontaktinį lęšį, kuris juda kartu su akimi. Naudojant tokią tinklainės stabilizavimo techniką vaizdas išlieka stabilus akies atžvilgiu, dėl to regos neuronai adaptuojasi ir vaizdas išnyksta. Šiandien tyrėjai tą patį rezultatą gauna matuodami akių judesius į jas nukreipta kamera. Akies padėties duomenys perduodami projektoriui, kuris judina vaizdą kartu su akimi. XX a. 6 dešimtmečio pabaigoje

tyrėjams pavyko nustatyti mikrosakadinių judesių svarbą: laboratorijoje nuslopinę visus akių judesius, tarp jų ir didelės amplitudės valingus sakadinius, tyrėjai sustiprino į mikrosakadinius panašius judesius ir nustatė, kad tokiu būdu suvokimas išsaugomas. Tačiau kiti tyrėjai eksperimentais nustatė priešingai: nuslopinus ir vėl leidus atlikti mikrosakadinius judesius, negauta jokio efekto. Tiesą nustatyti buvo sunku, nes nė viena iš tinklainės tabilizavimo technikų nebuvo tobula, pavyzdžiui, prie akies pritvirtintas kontaktinis lęšis gali slysti ir kai kurie akių judesiai gali išlikti. Galiausiai niekas negalėjo tvirtinti, ar eksperimentų rezultatą lėmė šie išlikę akių judesiai, ar sustiprėję mikrosakadiniai judesiai.

2.1 Akių judesių tipai ir jų charakteristikos

Fiksaciniai mikrojudesiai. Atlikus akių judesių registraciją, kai žmogus žiūri į nejudantį objektą, paaiškėjo, kad vadinamieji fiksaciniai mikrojudesiai yra sudėtingi ir sudaryti iš trijų pagrindinių komponentų: fiziologinio tremoro, lėto dreifo ir mikrosakadų (mikrošuoliukų). Iš jau minėto vaizdo stabilizacijos akies tinklainėje fenomeno, kuomet stebimas objektas tampa nematomas, tapo aiški fiksacinių mikrojudesių paskirtis. Akies tinklainė reaguoja ne į pastovų apšvietimą, o tikrai į šviesos ir spalvos pokyčius. Dėka fiksacinių mikrojudesių akis „apčiupinėja“ stebimą objektą, o dar teisingiau, naudojant techninę terminologiją, skenuoja stebimą vaizdą. Skenavimo pobūdis yra lėti (dreifas) ir greiti (mikrošuoliukai) akies judesiai. Be to, žiūrint į nejudantį daiktą, lėtas dreifas, t.y. švelnus nukrypimas nuo fovea centro, yra kompensuojamas greitais mikrošuoliukais, gražinančiais žiūros linija atgal į centrą. Tamsoje, kai nėra stebimo objekto, akies judesio dreifo dedamoji padidėja nuo dviejų iki penkių kartų. Iš to galime padaryti išvadą, kad žiūros linijos krypties stabilizacijos sistema naudoja stebimo objekto nuokrypos nuo foveos centro signalą mažoms mikrojudesių amplitudėms palaikyti.

Fiksacinių mikrojudesių kiekybinės charakteristikos žiūrint žmogui į mažą nejudantį taikinį, gerai žinomos. Mikrošuoliukų amplitudės yra nuo 0,1 iki 0,9 (vidurkis 0,3) laipsnio, o dažnis 1 – 3 Hz juostoje (vidurkis 2,6 Hz). Didžiausias mikrošuoliukų greitis – nuo 10 iki 100 (vidurkis 30) laipsnių per sekundę. Dreifo greitis yra 0,4 laipsnio per sekundę. Tremoro spektras yra sukoncentruotas nuo 50 iki 70 Hz diapazone, o amplitudė neviršija pusės kampinės minutės.

Atlikus daugiau psichofiziologinių eksperimentų su fiksaciniais mikrojudesiais buvo pastebėta, kad vienu tiriamųjų akies dreifų amplitudės bei judesio kryptys, o taip pat mikrošuoliukų amplitudės ir dažniai skiriasi nuo kitų. Be to, nustatyta mikrojudesių parametrai labai priklauso nuo atliekamų psichologinių užduočių: skaičiavimo mintyse, vertimo iš vienos kalbos į kitą, dirbant su radiotelegrafu. Labiausiai informatyvūs yra mikrošuoliukai, nes jų formavimo momentas dažnai sutampa su psichinio veiksmo porcijomis.

Sakados (šuoliukai). Bet kokios veiklos metu žmogui tenka pervesti savo žvilgsnį nuo vieno jį dominančio objekto prie kito. Šiam tikslui akis atlieka šuolinį arba, taip vadinamą sakalinį judesį. Pateikus regos lauke naują taikinį sakada neprasideda iš karto, o uždelsia apie 0,2 s. Po to akis pradeda judėti – iš pradžių lėtai, paskui vis greičiau, pusiaukelėje pasiekdama didžiausią greitį, kuris gali siekti iki 500 laipsnių per sekundę.. Vėliau judesys lėtėja ir, prieš pasiekdama taikinį visai sustoja. Visų žmonių sakados yra gana vienodos ir skiriasi nuo kitų: rankos, kojos ar galvos judesių. Didžiausio sakados greičio priklausomybė nuo šuolio amplitudės yra gana tiksli ir vadinama pagrindine priklausomybe, o kartu naudojama šio tipo judesiui identifikuoti. Tai rodo sakados unikalumą. Iš pradžių buvo paplitusi hipotezė, kad sakada yra balistinio pobūdžio. Tai reiškia, kad, priklausomai nuo sakados amplitudės, ji programuojama CNS dar prieš jai prasidedant ir vėliau negali būti keičiama. Tačiau vėlesni eksperimentai įrodė, kad sakados trajektorija gali būti valdoma ir paties judesio metu.

Švelnūs sekamieji akių judesiai. Be fiksacijos ir sakadinių judesių akis dar gali sekti nedideliu greičiu judantį taikinį. Sekimo metu akis gana tiksliai pakartoja sekamo taikinio trajektoriją. Pradėjus judėti taikiniui, akis pradeda sekimo procesą tikrai po 0,13 s, po to vienu ar keliais šuoliukais jį pagauna ir ištraukia į sekimo režimą. Jeigu taikinio judėjimo greitis viršija 100 laipsnių/s greitį, tai akis nebespėja jo sekti ir, norėdama jį pasivyti, naudoja sakalas. Akis negali atlikti švelnaus sekamojo judesio, jeigu nėra judančio taikinio, kai tuo tarpu gali fiksuoti ir atlikti šuolius į įsivaizduojamus taikinius. Iš to galima padaryti išvadą, kad akies sekamųjų judesių kontrolės sistema gali vykdyti sekimą tikrai esant nuokrypos signalui akies tinklainėje. Sekamųjų akių judesių kontrolės sistemos tikslumas padidėja, jeigu taikinio trajektorija turi prognozuojamą pobūdį.

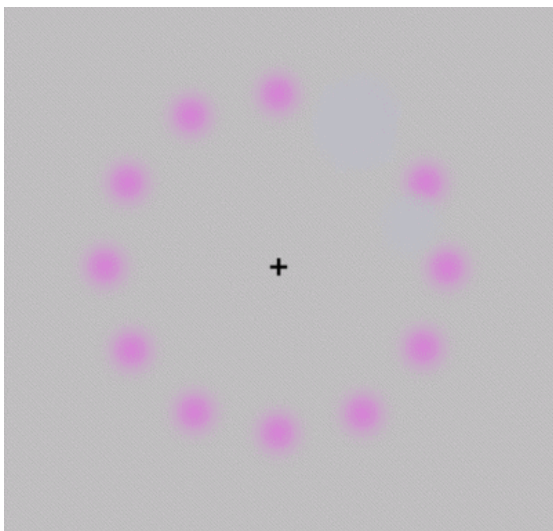
Dar vienas akių judesių tipas – **optokinetinis nistagmas** apibūdinamas greitų ir lėtų fazių periodine kaita. Tokio tipo akių judesiai susiformuoja, kai regos sistemos stebimas vaizdas slenka į vieną ar kitą pusę, pavyzdžiui žiūrint pro judančio traukinio langą. Lėta akies judesio fazė formuojasi stebint kokį nors prabėgančio vaizdo fragmentą, o greita – peršokant prie naujo sudominusio objekto. Lėtų fazių trukmės, amplitudės bei greičiai nėra vienodi, o greitų fazių detalesni tyrimai parodė, kad jos formuojamos ta pačia neurograndine, kaip ir sakados. Kai kurie žmonės turi įgimtą optokinetinį nistagmą, trukdantį jų regai.

Stebint daiktus, esančius arčiau kaip du metrai, svarbūs yra, taip vadinami, **vergentiniai akių judesiai**, leidžiantieji abejoms akims nustatyti nevienodus žiūros linijų kampus.

Analizuojant akių judesių įtaką žiūros linijos orientavimui, svarbiausias yra **vestibulinis akies refleksas**. Šio reflekso esmė yra ta, kad, stebint kokį nors objektą ir pasukus galvą į vieną ar kitą šoną, akys pasisuka lygiai tiek pat tikrai į priešingą pusę. Dėka vestibulinio akies reflekso stebimo daikto vaizdas tinklainėje išlieka nepakitęs sukiojant galvą ar net kūną. Šio reflekso svarba

labai didelė, nes jo dėka žmogus turi galimybę judėti ir gerai matyti vienu metu. Vestibulinio akies reflekso pavadinimas kilęs iš jo fiziologinės sandaros, nes valdymo signalą jis gauna iš vestibuliniam aparatui priklausančių pusratinių kanalų.

2.2. Fiksacinės iliuzijos



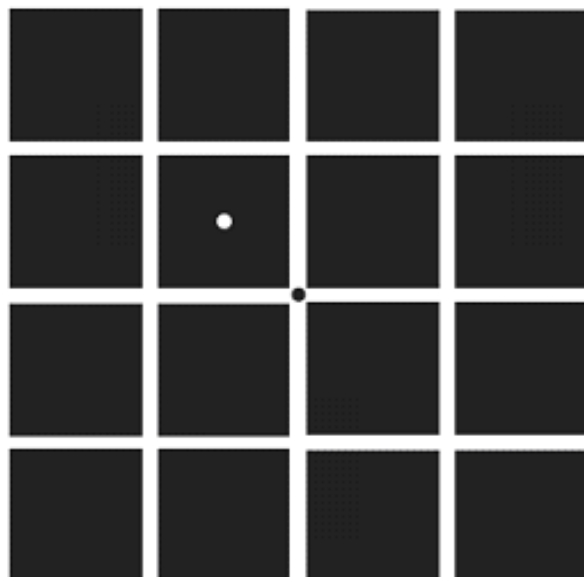
Štai trys iliuzijų pavyzdžiai, kurie gali pagelbėti stebėti įvairų jūsų akių fiksacinių judesių poveikį regėjimui:

TROKSLERIO TESTAS: 1804 m. šveicarų filosofas Ignacas Paulis Vitalis Troksleris nustatė, kad sąmoningai sulaukius žvilgsnį ties koku nors objektu statiniai vaizdai aplinkiniame regėjimo lauke laipsniškai išnyksta. Norėdami tai patirti žiūrėkite į raudoną tašką ir atkreipkite dėmesį į blyškiai melsvą apskritimą. Apskritimas greitai išnyksta, o

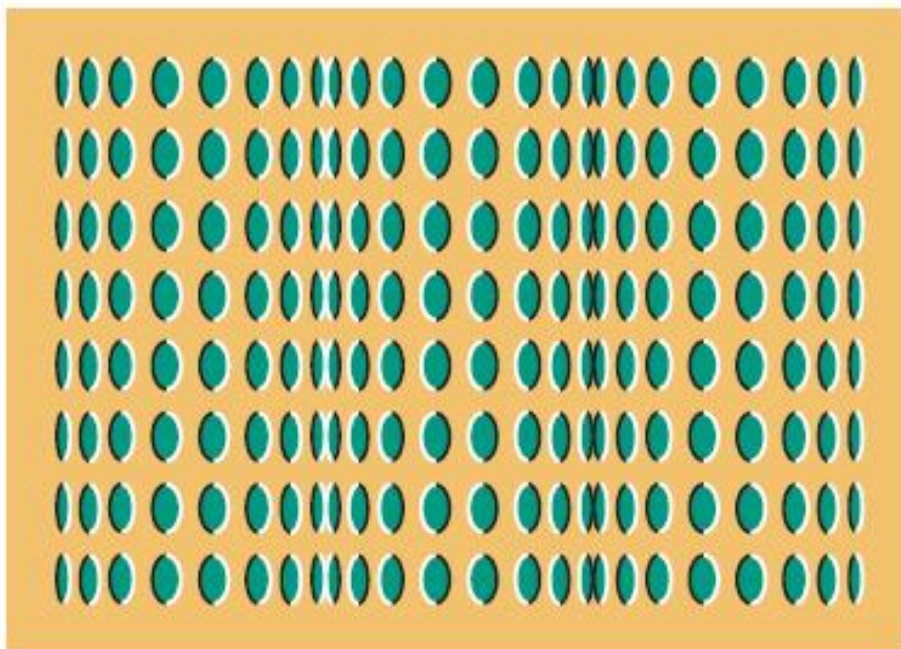
raudonas taškas išlieka matomas baltame fone.

Pajudinkite akis ir vaizdas vėl atsiras.

KAIP PASTEBĖTI AKIŲ JUDESIUS: šis būdas padės „pamatyti“ fiksacinius akių judesius. Žiūrėkite į centre esantį juodą tašką maždaug minutę, paskui pažvelkite į baltą tašką gretimame juodame kvadrato. Pastebėsite, kad juodas fonas su baltais brūkšniais nuolat juda. Taip yra dėl fiksacinių akių judesių.



ILIUZINIS JUDĖJIMAS: leiskite akims laisvai žiūrėti į paveikslėlį viršuje ir trys ritinėliai pradės sukstis. Tačiau jei fiksosite žvilgsnį į vieną iš žalių taškų paveikslėlio viduryje, šis iliuzinis judėjimas sulėtės ar net sustos. Kadangi žvilgsnio fiksavimas sustabdo judėjimą, autoriai spėja, kad fiksaciniai akių judesiai gali būti reikalingi pamatyti šį judėjimą, nors jie tiksliai nežino kaip.



2.3. Išnykstančios kraujagyslės

Neurologai Deividas Kopolanas (David Coppolaan) ir Deilas Parvesas (Dale Purves) iš Diuko



universiteto įrodė, kad tinklainės kraujagyslės, kurios nejuda akies atžvilgiu, gali paprasčiausiai išnykti iš žmogaus regėjimo per 80 milisekundžių (tūkstantųjų sekundžių dalių). Jei nedideliu žibintuvėliu pašviestumėte į vienos akies šoną ir greitai judintumėte žibintuvėlį aplink, trumpai periferiniame regėjimo lauke pamatytumėte tinklainės kraujagyslių švystelėjimą. Tačiau atkreipkite dėmesį, kaip greitai jos išnyksta. Neuronų adaptacija vyksta suvokiant bet kuriuos jutimus, tarp jų ir lietimą. Fiksaciniai akių judesiai nuolat „judina“ tinklainėje susidarantį vaizdą

tam, kad matymas niekada nepranyktų.

3. AKIŲ JUDESIŲ REGISTRAVIMO METODŲ APŽVALGA

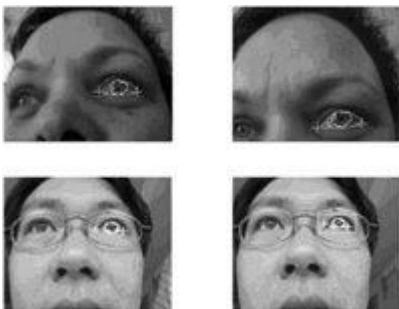
Naudojant šį metodą yra sekama tikrai akies vyzdžio padėtis. Dėl šios priežasties registravimo sistema tampa jautri galvos judesiams, nes galvai nukrypus nuo kalibravimo metu buvusios padėties, akies žvilgsnio kryptis gali būti nustatoma neteisingai. Paprastai to išvengiama tvirtinant kamerą ir mažą monitorių prie akies. Šiuo atveju vartotojas akies žvilgsniu naudojami mažame monitoriuje pavaizduota klaviatūra (žr. 3.1 pav.), kurios pagalba vartotojas suformuoja jo pageidaujamas komandas [7].



←	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	,	.	/	=	

3.1 pav. VisionKey akies sekimo sistema ir monitoriuje vaizduojama klaviatūra [3.1p], [3.1.1 p]. Kairėje matoma, kaip tvirtinamas mažas monitorius prie vartotojo akies, o dešinėje pavaizduota klaviatūra, kuri matoma monitoriuje.

Kitas metodas sekti akies padėtį yra filmuojant visą vartotojo veidą [8]. Čia 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 (žr. 3.2pav.).



3.2 pav. Akies vyzdžio ir akies sekimas. Viršutiniuose paveiksluose pavaizduota, kaip sistema reaguoja pakeitus galvos poziciją, o apatiniuose – kaip nustatomos dvi skirtingos akies padėtys (žiūrint tiesiai ir į viršų)

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 (žr. 3.3 pav.) [10].

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.



3.3 pav. EagleEyes akies sekimo sistemos elektrodai [3.3p]

4. Tyrimų metodika ir eksperimentinė įranga

4.1 Eksperimentų metu naudotos įrangos *EyeGaze System* konstrukcija ir veikimo principas

Tyrimui naudojama įranga pavaizduota 4.1 pav. (*LC Technologies, EyeGaze System*)



4.1 pav. lc technologies, eyegaze sistema

Parametrai:

- Greitas sukalibravimas

Greitas, lengvas, trukmė, visiškai automatizuota, kalibravimo procedūra užima maždaug 15 sekundžių

- Geresnis Tikslumas

Labai tikslus ir tolerantiškas į daugelį pakitimų, paklaida siekia iki 0.45 laipsnio.

- Geras patikimumas

- Edge Analizės Sistema pritaiko platų pakitimą akių atvaizdo, tokio kaip mokinio dydis ir mokinys ir rainelės ryškumas, ir tai pritaiko į daugumą stiklinių ir kontaktų. Sistema tipiškai seka 90 procentų žmogaus gyventojų

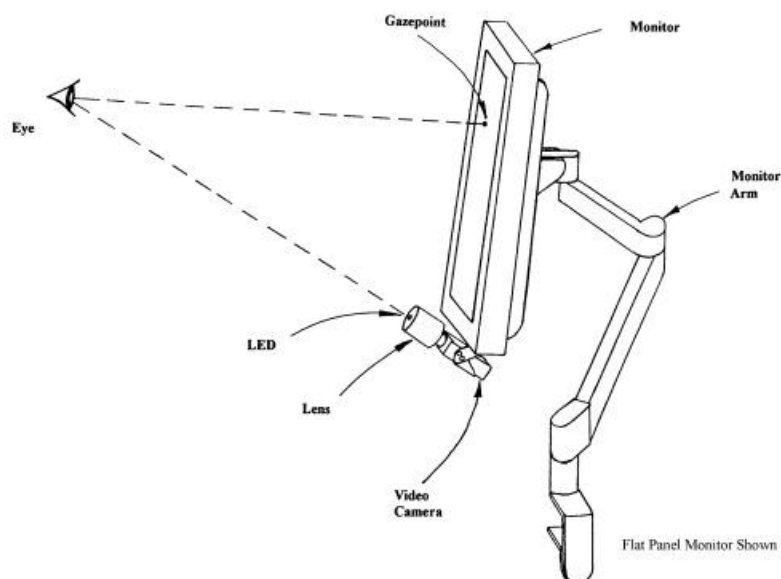
- Patogus naudojimą, nereikia nieko tvirtinti prie veido.

- Tinkamas vartoti 95 % žmonių, kurie bando tai, funkcinis su dauguma akinių ir kontaktinių lęšių.

- Patogus transportuoti ir lengvai saugomas.

Tiriamųjų akių judesiai visuose bandymuose buvo registruojami naudojant LC Technologies, sukurta akių judesių sekimo sistema EyeGaze System. Šią sistemą sudaro **4.2 pav.** dvi kameros, kurios yra pritvirtintos monitoriaus apačioje, jos yra reguliuojamos, t.y. galima pakelti arba nuleisti, pasukti į vieną kampą arba į kitą, kad eitų sukalibruoti žmogaus žvilgsnį. Kameros

centre yra nedidelis, mažos galios infraraudonųjų spindulių diodas, kuris apšviečia akį. Kompiuteryje įmontuota vaizdo įvedimo plokštė. [3]



4.2 pav. Įrenginio sudedamosios dalys

Kalibravimo procedūra yra visiškai automatinė; jokia pagalba nuo kito asmens nėreikia. Procedūra prisitaiko prie vartotojų greičio, laukdama vartotojo, kad užfiksuotų aiškiai ant kiekvieno kalibravimo punkto prieš priėmimą to ir judėjimą toliau į kitą punktą. 4.3 pav. Pavaizduota akis kalibravimo metu matoma ekrane. Procedūra pritaiko pertraukimą nuo vartotojo, mirksinčio ar žiūrinčio toli nuo kompiuterio displejaus. Procedūra tiesiog laukia geros fiksacijos prieš judėjimą į kitą kalibravimo punktą.[3]



4.3 pav. Kalibravimo metu matomas akies vaizdas monitoriuje.

Po originalaus leidimo per kalibravimo punktus, procedūros testai, kad akis buvo tinkamai užfiksuota ant kiekvieno punkto, tikrindama, kad kiekvienas gaze point pranašavimas yra suderintas su visais kitais kalibravimo punktais. Tai atsiima bet kokius kalibravimo punktus, kurie yra nenuoseklūs su kitais punktais. Procedūra nepriima pilno kalibravimo, kol visaapimantis įdėmus žvilgsnio pranašavimo tikslumas ir pastovumas neviršija pageidaujamų tikslumų.

Užuot naudojusi paprastą ryškumą thresholding metodai, kad aptiktų mokinį ir ragenos atspindį, Edge Analizės Sistema naudoja pažengusį vaizdų atpažinimą ir hipotezę, bandančią logiką, kad aptiktų akį patikimai užgriozdintuose atvaizduose. Sistema nepasidaro supainiota atspindžių nuo stiklinių, ar prie ryškių ar tamsių veido ypatybių. Sistema negali išmatuoti įdėmaus žvilgsnio krypties, jei atspindys nuo stiklinių yra tiesiogiai uždėtas ant mokinio ir/ar ragenos atspindžio, bet tai nėra supainiojama šitų netikrų atspindžių. Tai tiesiog praneša, kad "išmatuojama akis" nebuvo surasta.

4.2 Nuosavų akių judesių matuoklio triukšmų nustatymas su dirbtine akimi

Su tikslu nustatyti nuosavus akių judesių registravimo įrangos triukšmus buvo pagaminta dirbtinė akis. Bandymas buvo atliktas 5 kartus su dviem (žalios ir juodos) spalvos kamuoliukais. Rezultatai aprašyti 1 lentelėje. Matavimai rezultatai pateikti pikseliais.

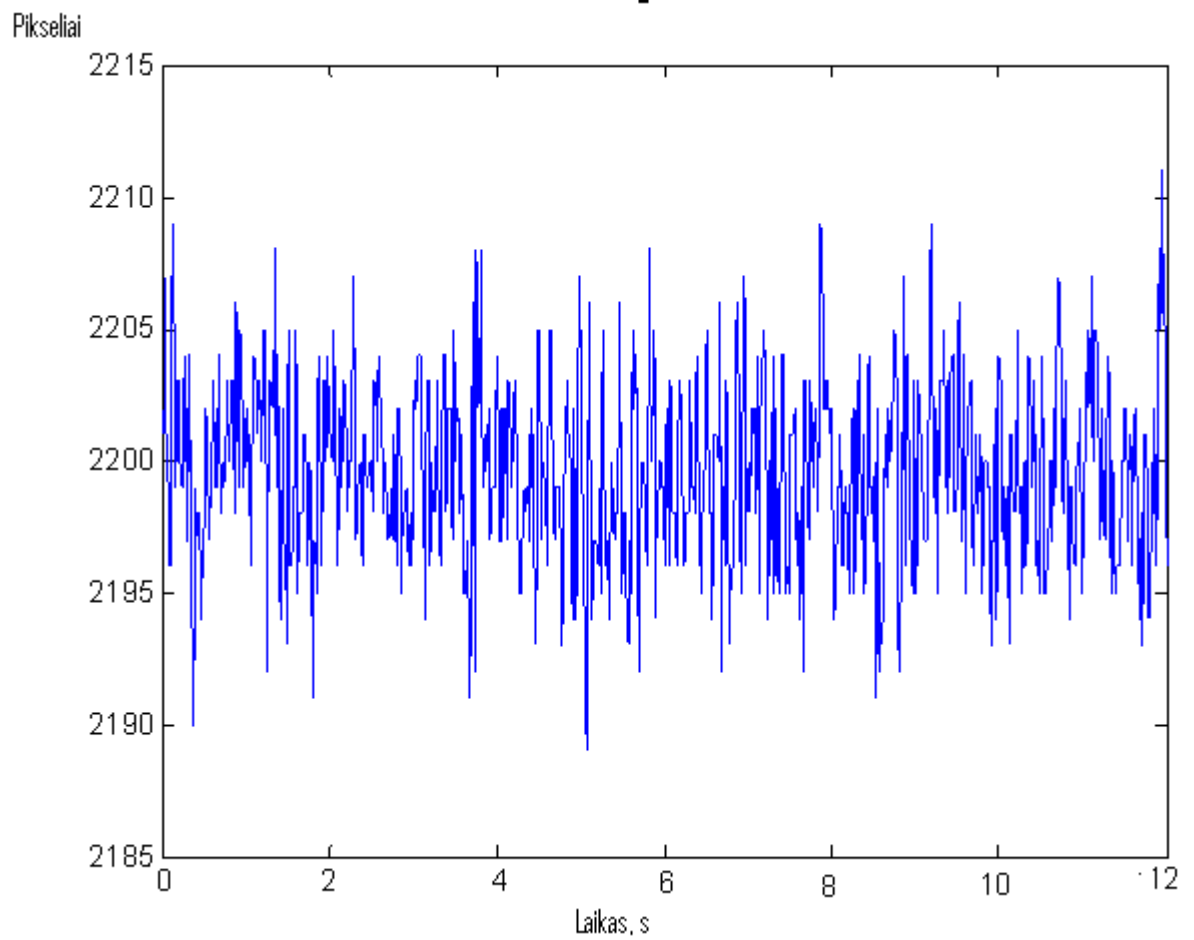
4.1 lentelė. Duomenys gauti atliekant bandymą su akies maketu (dimensija laipsniai).

Standartinis nuokrypis su akies maketo juodu paviršiumi	1	2	3	4	5	Vidurkis
xstd	0,0578	0,0599	0,0668	0,0722	0,0610	0,0635
ystd	0,0407	0,0410	0,0514	0,0612	0,0489	0,0486
Standartinis nuokrypis su akies maketo žaliu paviršiumi	1	2	3	4	5	Vidurkis
xstd	0,0870	0,0666	0,0663	0,0779	0,0766	0,0748
ystd	0,0470	0,0526	0,0512	0,0546	0,0595	0,0529

Pagal paskaičiuotus duomenis matome, kad įrenginys, skirtas nustatyti akies mikrojudesiams, daro pakankamai mažas paklaidas. **4.4 pav.** Pavaizduotas dirbtinės akies maketas, bei 4.5 pav. Pavaizduotas dirbtinės akies sukeliama triukšmai.



4.4 pav. Dirbtinės akies maketas.

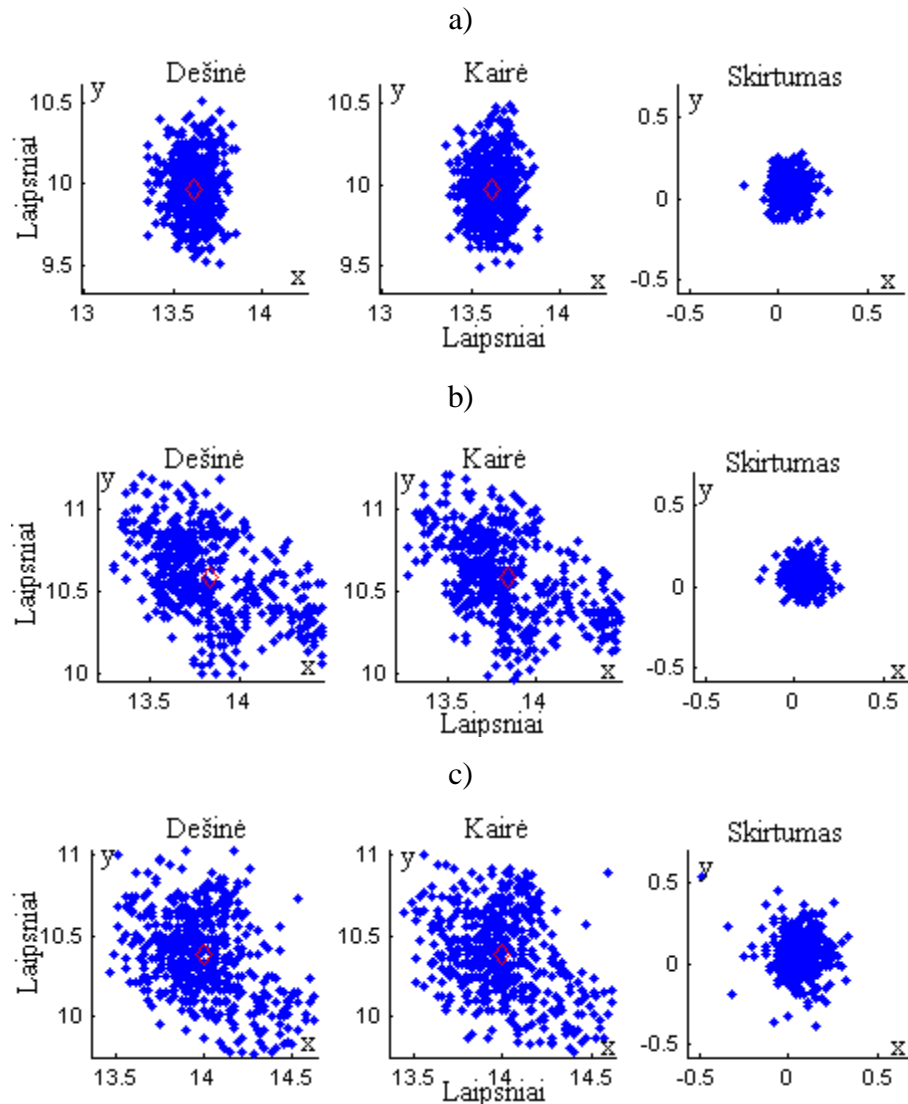


4.5 pav. Dirbtinės akies virpesiai

5. Eksperimentų rezultatai

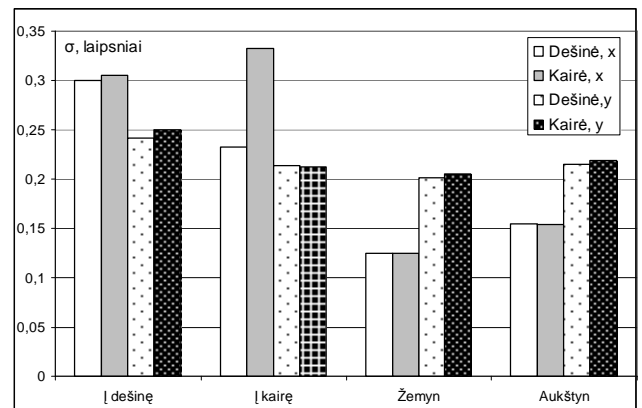
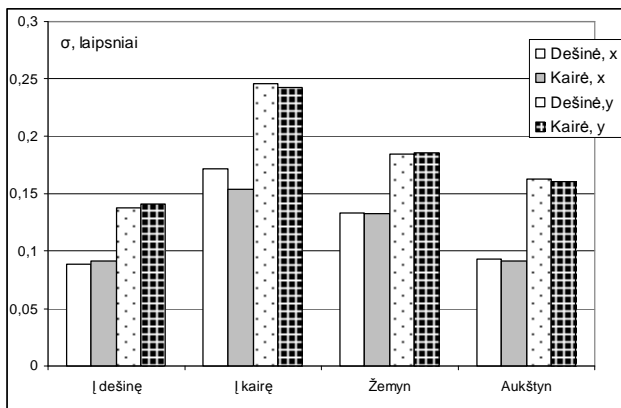
5.1 Fiksacinių akių mikrojudesių sklaida

Atlikus bandymus ir gautus duomenis, kurie pavaizduoti 5.1 pav. galime teigti, kad žiūrint į realu daigta skaida horizontalia padėtim žymiai mažesni, nei žiūrint i menama tašką.



5.1 pav. a) paveikslas žiūrint į taikinį (viršuje), b) žiūrint į menamą taikinį, esantį tarp dviejų matomų stimulų, (viduryje) ir c) žiūrint į menamą taikinį (apačioje)

5.2 pav. Pavaizduota tiriamojo RZ(kairėje) ir GD(dešinėje) fikscinių akių judesių standartinės nuokrypos prie asimetrinių akių raumenų įtempimų. Iš 5.2 pav. Pateiktų duomenų galime daryti išvadas, kad žvilgsnį nukreipus į viena ar kita pusę asimetrinis akių judesių raumenų įtempimas horizontalia kryptimi dvigubai padidina fikscinių akių judesių sklaidą šia kryptimi, o raumenų įtempimas vertikalia kryptimi beveik neturi įtakos akių judesių sklaidai.



5.2 pav. Tiriomojo RZ (kairėje) ir GD (dešinėje) fiksacinių akių judesių standartinės nuokrypos prie asimetrinių akių raumenų įtempimų.

5.2 Alkoholio poveikis mikrojudesiams

Trys jauni studentai sutiko dalyvauti eksperimente, kuriame buvo siekiama nustatyti, kokią įtaką mikrojudesiams turi alkoholis. Studentai stebėjo tašką ekrane. Bandymo metu buvo naudojamos penkios padėties.

Buvo atliekami 3 eksperimentai vaizduoklio centre. Studentai žiūrėjo į tašką, kuris po sekundes išnykdavo ir 15 sekundžių būdavo nepastebimas, o studentai stengdavosi išlaikyti pradines koordinatas. Antrasis bandymas kai taškas neišnykdavo ir studentas žiūrėdavo į tašką. Trečiasis eksperimentas susidarė iš dviejų vienodai nutolusių taškų ir reikėdavo išlaikyti vidurio koordinatas.

- Pirma padėtis (centras)
- Antra padėtis (dešinė)
- Trečia padėtis (kairė)
- Ketvirta padėtis (viršus)
- Penkta padėtis (apačia)

Buvo atliktas ir ištvermės išbandymas. Buvo minute laiko žiūrima į vieną tašką. Šiuo būdu buvo stengtasi sužinoti kaip akis reaguoja į stebimą daiktą laikui bėgant.

Tyrimas buvo daromas dviem etapais:

- Tyrimai buvo atlikti su subjektais kurių alkoholio kiekis kraujyje buvo lygus 0 promylės.
- Tyrimas buvo pakartotas, kai tiriamieji pavartojo alkoholio ir po dviejų valandų išsityrė dar karteli.

- Internetinio alkotesteriaus pagalba nustatyta alkoholio koncentracija kraujyje promylėmis subjektų antro bandymo metu.

Vaikino A charakteristika :

- Ūgis 188 cm
- Svoris 90 kg
- Amžius 20 m.
- Akių spalva mėlyna
- Regėjimas
Dešinė akis – 2,5
Kairė akis – 2,5

Vaikinas bandymą atliko su kontaktiniais lęšiais

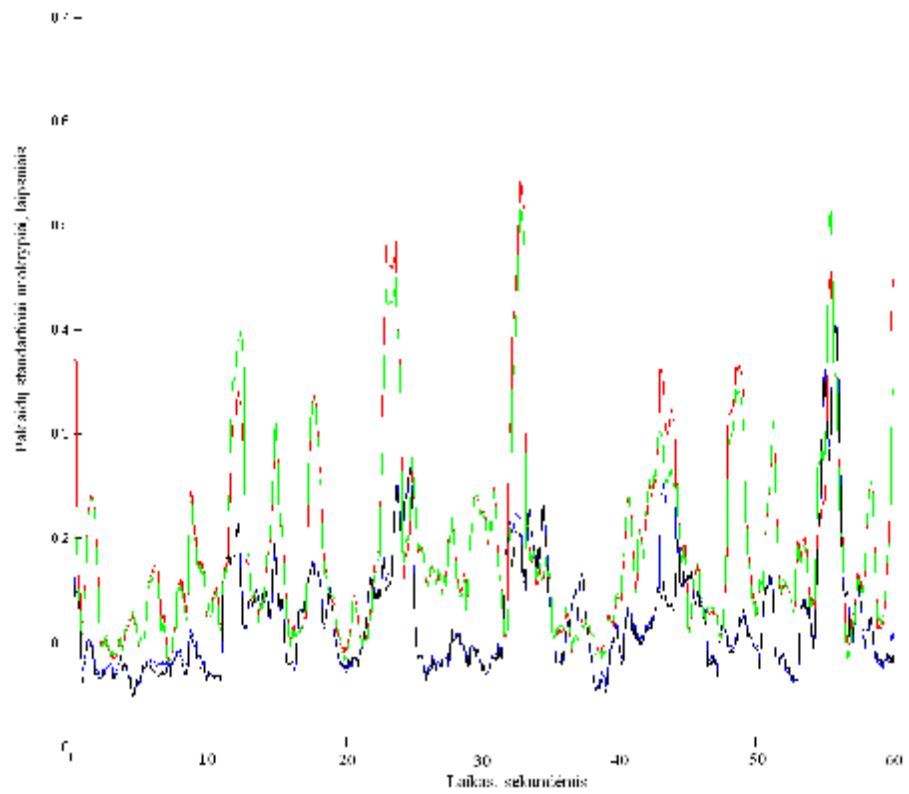
5.3 pav. Matome, kiek alkoholio paveiktas subjektas A atliko bandymą. 5.4 pav. Tiriamasis atliko bandymą, kurio metu alkoholio kiekis kraujyje buvo lygus 0 promylės, o 5.5 pav subjekto alkoholio koncentracija kraujyje buvo 0,98 promylės. Iš bandimo rezultatų galime spręsti, kad subjektas mažiau blaškėsi kai alkoholio koncentracija kraujyje buvo lygi 0, nei alkoholio koncentracija 0,98 promylės.

Objektas A

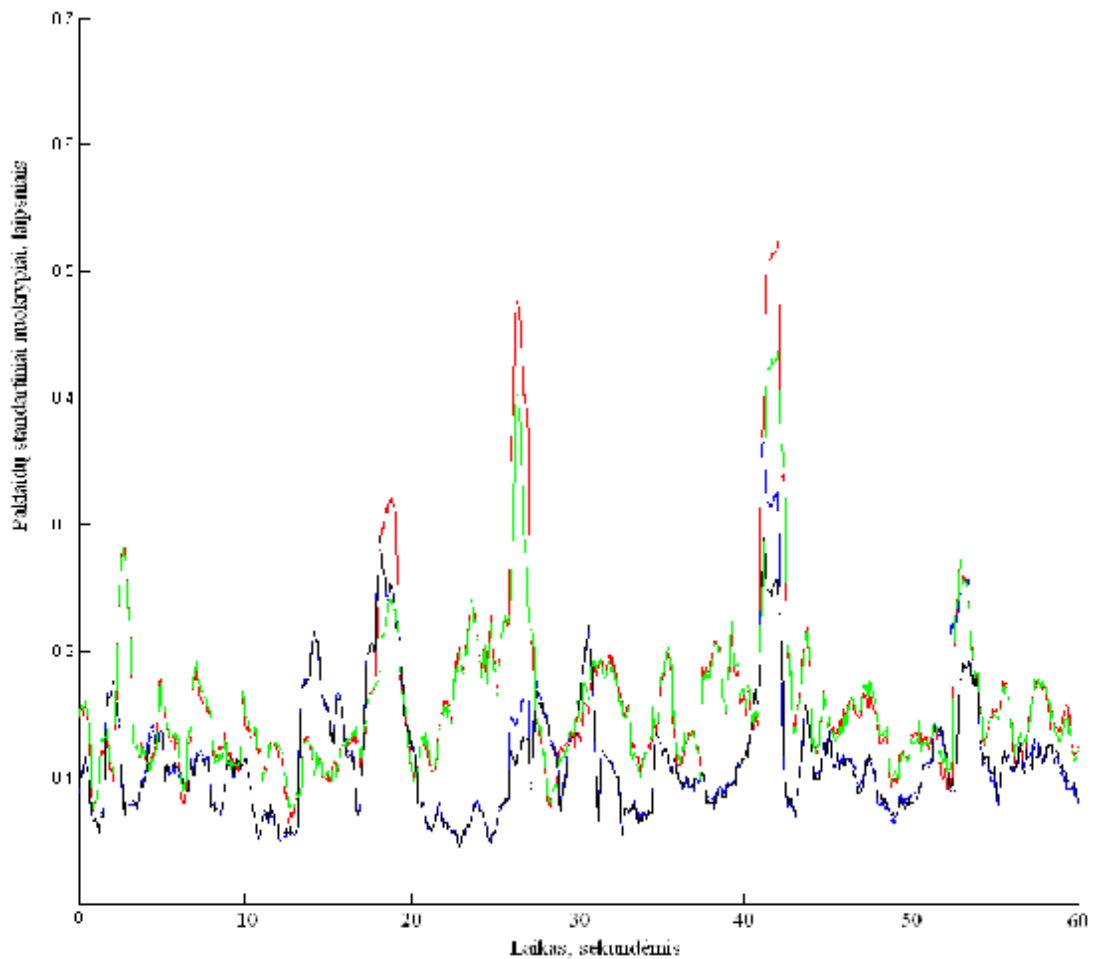
Išgertas alkoholio kiekis (l)	2
Alkoholio kiekis gėrime (%)	5
Jūsų svoris (kg)	90
Prieš kiek laiko gėrėte (h)	2

Rezultatas: 0,98

5.3 pav. Subjekto A antro eksperimento metu alkoholio koncentracija kraujyje



5.4 pav. Alkoholio koncentracija kraujyje lygi 0 promylės:
 Raudona ir žalia- pagal y kaire ir dešine akys
 Mėlyna ir juoda pagal x kairė ir dešinės akys



5.5 pav. Alkoholio kiekis kraujyje lygi 0,98 promylės:

Raudona ir žalia- pagal y kairę ir dešinę akis

Mėlyna ir juoda pagal x kairę ir dešinės akis

Merginos B charakteristika:

- Ūgis 172 cm
- Svoris 84 kg
- Amžius 20 m.
- Akių spalva – ruda
- Regėjimas:
 - Dešinė akis -1,75 D
 - Kairė akis - 1.50 D

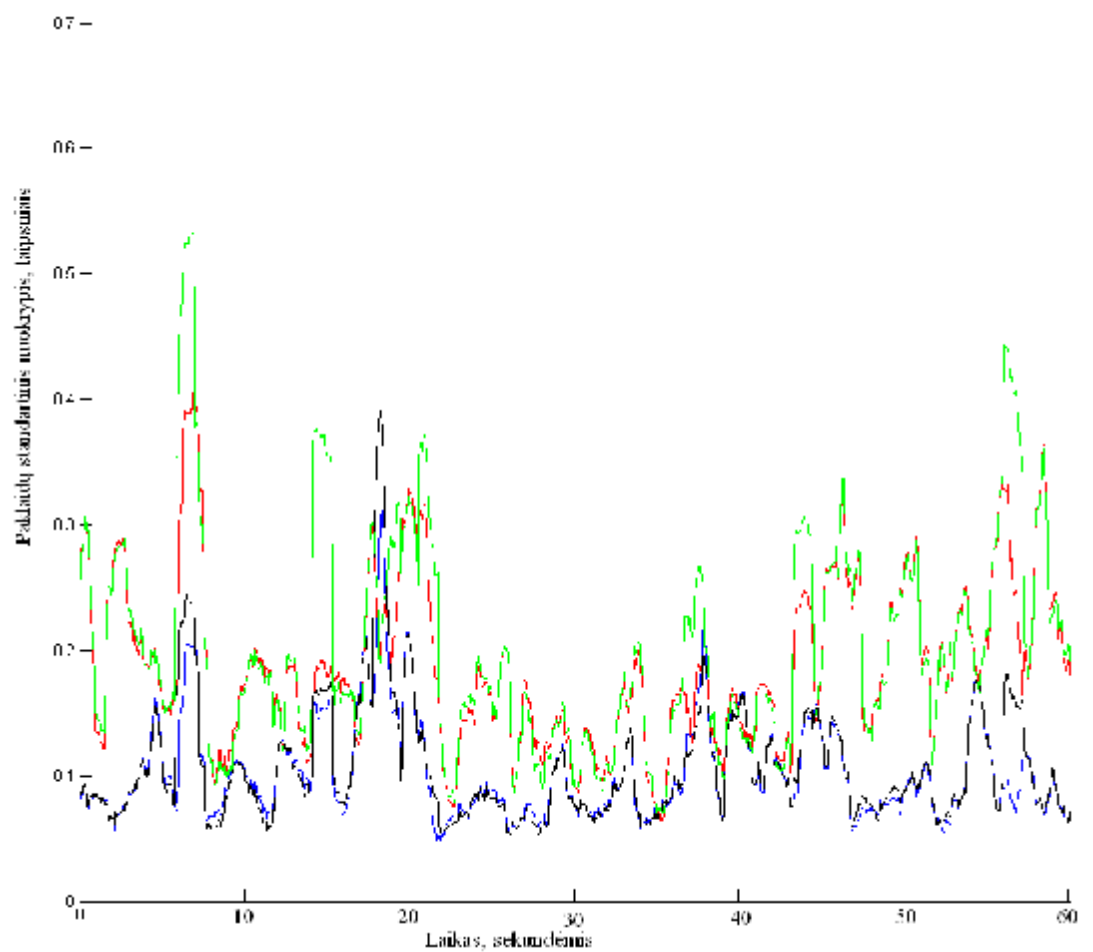
Antroji tiriamoji atvirkščiai antruoju atveju atveju blaškėsi labiau nei pirmuoju. Tuo galime įsitikinti pažvelgę į 5.7-5.8 pav. Subjektas bandymą atliko be akinių.

Objektas B

Išgertas alkoholio kiekis (l)	2
Alkoholio kiekis gėrime (%)	5
Jūsų svoris (kg)	84
Prieš kiek laiko gėrėte (h)	2

Rezultatas: 1,07

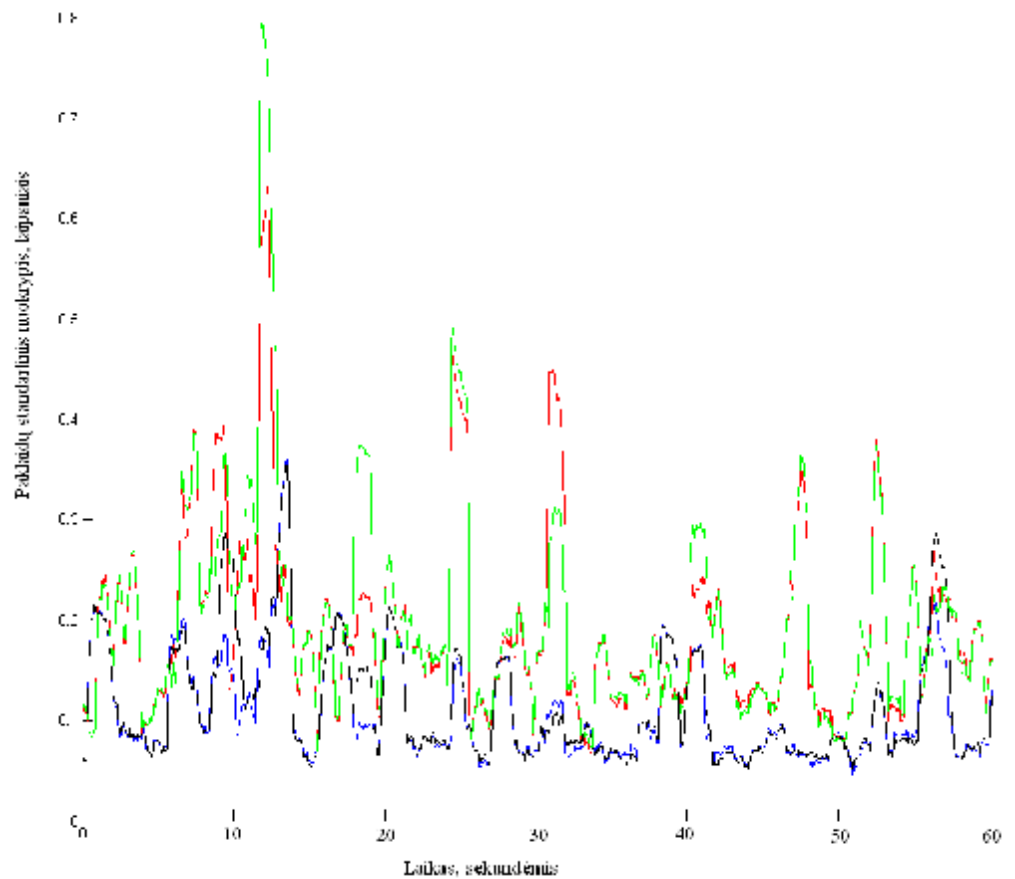
5.6 pav. Objekto B antro eksperimento metu alkoholio koncentracija kraujyje



5.7 pav. Alkoholio kiekis kraujyje lygi 0 promylės:

Raudona ir žalia- pagal y kaire ir dešine akys

Mėlyna ir juoda pagal x kairė ir dešinės akys



5.8 pav. Alkoholio kiekis kraujyje lygi 1,07 promylės:

Raudona ir žalia- pagal y kaire ir dešine akys

Mėlyna ir juoda pagal x kairės ir dešinės akys

Merginos C charakteristika :

- Ūgis 167 cm
- Svoris 62 kg
- Amžius 23 m.
- Akių spalva mėlyna
- Regėjimas puikus

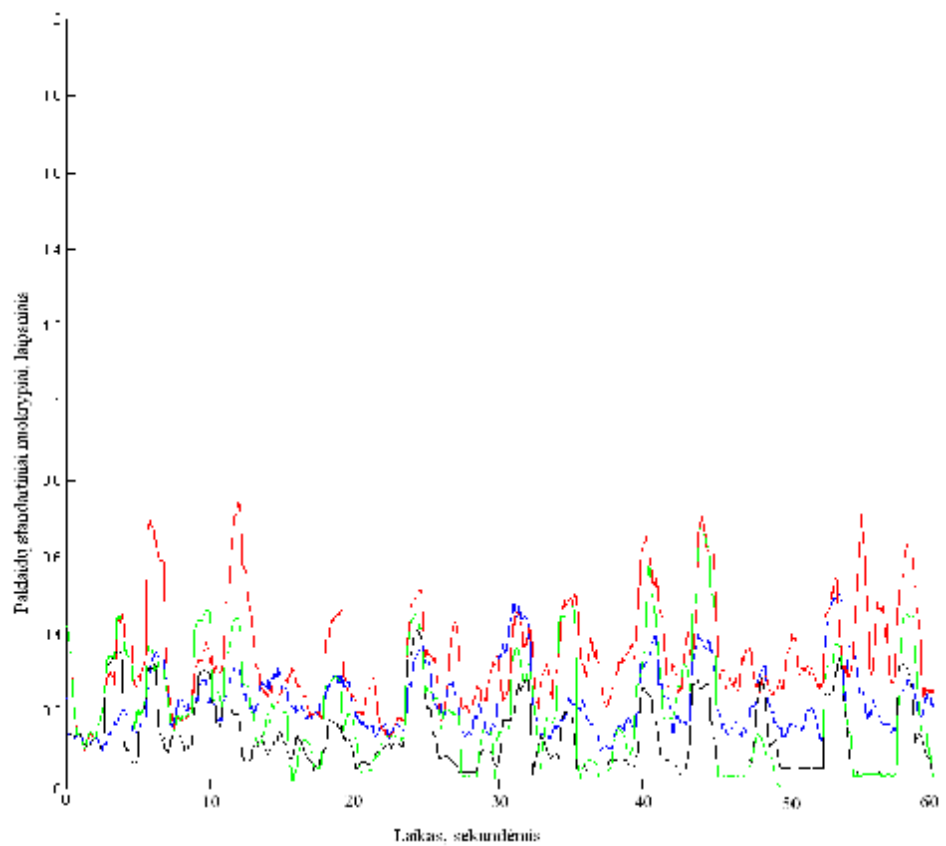
Trečiasis subjektas C buvo labiausiai paveiktas alkoholio, bet jos akys pačios geriausios ir labiausiai matosi pakitimai pavartojus alkoholį, kurių rezultatai pavaizduoti 5.10-5.11 pav. Iš grafiko galime spręsti, kad standartinis nuokrypis subjekto c žymiai didesni, kai subjektas yra paveiktas alkoholio.

Objektas C

Išgertas alkoholio kiekis (l)	2
Alkoholio kiekis gėrime (%)	5
Jūsų svoris (kg)	62
Prieš kiek laiko gėrėte (h)	2

Rezultatas: 1,55

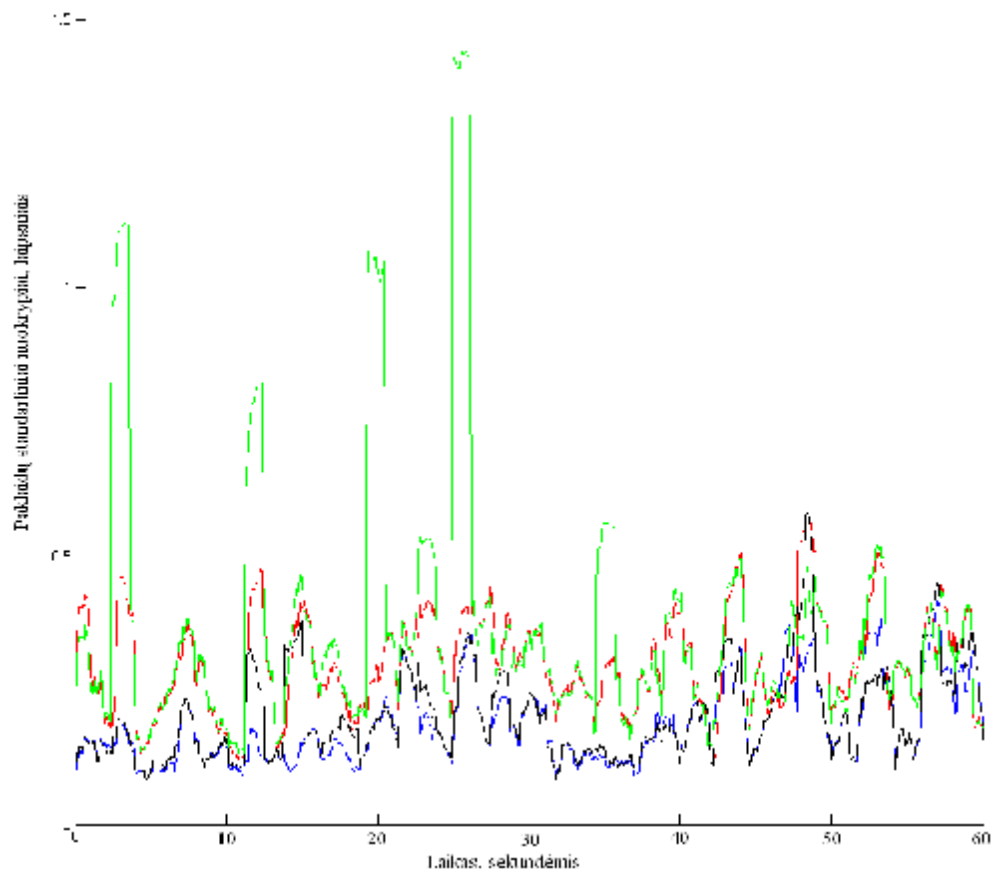
5.9 pav. Subjekto C antro eksperimento metu alkoholio koncentracija kraujyje promylės



5.10 pav. Alkoholio koncentracija kraujyje lygi 0:

Raudona ir žalia- pagal y kairę ir dešinę akis

Mėlyna ir juoda pagal x kairę ir dešinę akis



5.11 pav. Alkoholio koncentracija kraujyje lygi 1,55 promylės:

Raudona ir žalia- pagal y kairę ir dešinę akys

Mėlyna ir juoda pagal x kairę ir dešinę akys

5.3 Binokulinius dviejų koordinatinių fiksacinių akių mikrojudesius stebint taikinį, esantį matymo lauko dešinėje, kairėje, viršuje ir apačioje bei sutrikus koncentracijai dėl alkoholio poveikio.

Binokulinius dviejų koordinatinių fiksacinių akių mikrojudesius stebint taikinį, esantį matymo lauko dešinėje, kairėje, viršuje ir apačioje. Bandyme dalyvavo trys subjektai A, B, C. Atlikti bandymai paveikti subjektai alkoholio ir kai alkoholio koncentracija buvo lygi 0 promylės.

Apskaičiuotas standartinis nuokrypis tiriamiesiems atlikus bandymai kai tiriamųjų alkoholio koncentracija buvo lygi 0 promylės po to tiriamieji suvartojo po 2 litrus 5% alaus ir bandymai buvo pakartoti. 0 taško reiškia, kad atsiranda taškas sekunde pabūna ir po to išnyksta, o tiriamasis stengiasi išlaikyti to taško koordinatę. 1 taško reiškia, kad taškas atsiranda ir būna pastovus. Tarp dviejų taškų - atsiranda du vienodai nutolę taškai ir reikia išlaikyti tarp tų taškų vidurio koordinatę. Bandymai buvo atliekami penkiose padėtyse:

- Centre

- Dešinėje
- Kairėje
- Viršuje
- Apačioje

5.1 lentelė. Subjekto A duomenys gauti atliekant bandymus, kai tiriamojo alkoholio koncentracija karaujyje lygi 0 promilės, subjektas A1 duomenys gauti atlikus bandymus po pavartojimo alkoholio.

<i>subjektas A(dešinė akis)</i>						
	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-jų taškų	
	X	y	x	y	x	y
Centras	0.16	0.39	0.43	0.61	0.28	0.33
Dešinė	0.14	0.23	0.18	0.29	0.45	0.4
Kairė	0.39	0.29	0.23	0.34	0.2	0.29
Viršus	0.16	0.28	0.23	0.28	0.24	0.26
Apačia	0.28	0.25	0.14	0.24	0.21	0.28
<i>subjektasA1</i>						
	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-jų taškų	
	X	y	x	y	x	y
Centras	0.22	0.27	0.2	0.39	0.23	0.22
Dešinė	0.25	0.27	0.16	0.37	0.25	0.27
Kairė	0.59	0.43	0.33	0.42	0.2	0.22
Viršus	0.2	0.3	0.22	0.55	0.22	0.25
Apačia	0.33	0.17	0.17	0.28	0.2	0.21
<i>subjektas A(kaire akis)</i>						
	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-jų taškų	
	X	y	x	y	x	y
Centras	0.16	0.4	0.43	0.61	0.28	0.33
Dešinė	0.14	0.23	0.18	0.31	0.45	0.39
Kairė	0.39	0.29	0.23	0.34	0.2	0.29
Viršus	0.17	0.28	0.23	0.27	0.3	0.29
Apačia	0.28	0.26	0.15	0.23	0.23	0.31
<i>subjektasA1</i>						
	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-jų taškų	
	X	y	x	y	x	y
Centras	0.22	0.27	0.2	0.4	0.23	0.22
Dešinė	0.25	0.28	0.16	0.37	0.25	0.27
Kairė	0.56	0.53	0.32	0.43	0.2	0.22
Viršus	0.21	0.31	0.22	0.57	0.23	0.29
Apačia	0.33	0.17	0.15	0.24	0.21	0.22

5.2 lentelė. Subjekto B duomenys gauti atliekant bandymus, kai tiriamojo alkoholio koncentracija karaujyje lygi 0 promilės, subjektas B1 duomenys gauti atlikus bandymus po pavartojimo alkoholio.

	Dešinė akis					
B subjektas						

std	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-ju taškų	
	X	y	x	y	x	Y
Centras	0.15	0.28	0.12	0.15	0.21	0.24
Dešinė	0.16	0.27	0.21	0.20	0.19	0.23
Kairė	0.12	0.13	0.13	0.18	0.15	0.18
Viršus	0.16	0.32	0.12	0.23	0.09	0.22
Apačia	0.16	0.20	0.13	0.18	0.15	0.18
B1 subjektas						
std	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-ju taškų	
	X	y	x	y	x	Y
Centras	0.16	0.32	0.15	0.29	0.18	0.44
Dešinė	0.32	0.41	0.18	0.19	0.24	0.34
Kairė	0.40	0.49	0.18	0.14	0.28	0.31
Viršus	0.33	1.08	0.20	0.44	0.31	0.62
Apačia	0.26	0.26	0.19	0.23	0.26	0.28
Kairė akis						
B subjektas						
std	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-ju taškų	
	x	y	x	y	x	Y
Centras	0.15	0.2	0.12	0.15	0.21	0.22
Dešinė	0.16	0.27	0.21	0.19	0.19	0.19
Kairė	0.12	0.13	0.13	0.15	0.15	0.15
Viršus	0.15	0.25	0.11	0.22	0.09	0.22
Apačia	0.13	0.18	0.13	0.17	0.15	0.19
B 1 subjektas						
std	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-ju taškų	
	x	y	x	y	x	Y
Centras	0.16	0.32	0.15	0.28	0.18	0.46
Dešinė	0.32	0.39	0.17	0.18	0.24	0.33
Kairė	0.4	0.49	0.18	0.14	0.3	0.32
Viršus	0.55	1.02	0.19	0.43	0.19	1.31

5.3 lentelė. Subjekto C duomenys gauti atliekant bandymus, kai tiriamojo alkoholio koncentracija karaujyje lygi 0 promilės, subjektas C1 duomenys gauti atlikus bandymus po pavartojimo alkoholio.

subjektas C (dešinė akis)						
Standartinis nuokrypis, laipsniais	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-ju taškų	
	X	y	x	y	x	y
Centras	0.15	0.37	0.15	0.27	0.19	0.39
Dešinė	0.16	0.33	0.16	0.22	0.24	0.24
Kairė	0.24	0.31	0.19	0.32	0.23	0.35
Viršus	0.24	0.33	0.15	0.39	0.21	0.61

Apačia	0.25	0.46	0.2	0.18	0.25	0.38
subjektas C1 (dešinė akis)						
Standartinis nuokrypis, laipsniais	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-jų taškų	
	X	y	x	y	x	y
Centras	0.19	0.45	0.15	0.37	0.18	0.28
Dešinė	0.39	0.42	0.21	0.52	0.22	0.39
Kairė	0.2	0.3	0.27	0.44	0.17	0.27
Viršus	0.22	0.48	0.19	0.46	0.19	0.67
Apačia	0.26	0.28	0.47	1.06	0.26	0.42
subjektas C (kairė akis)						
Standartinis nuokrypis, laipsniais	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-jų taškų	
	X	y	x	y	x	y
Centras	0.15	0.37	0.15	0.26	0.19	0.38
Dešinė	0.16	0.3	0.15	0.22	0.23	0.22
Kairė	0.23	0.28	0.18	0.29	0.23	0.35
Viršus	0.24	0.33	0.15	0.39	0.26	0.65
Apačia	0.26	0.44	0.29	0.36	0.26	0.43
subjektas C1 (kairė akis)						
Standartinis nuokrypis, laipsniais	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-jų taškų	
	X	y	x	y	x	y
Centras	0.16	0.36	0.14	0.29	0.18	0.25
Dešinė	0.39	0.42	0.2	0.42	0.22	0.42
Kairė	0.2	0.26	0.26	0.31	0.16	0.26
Viršus	0.22	0.37	0.19	0.35	0.31	0.47
Apačia	0.25	0.28	0.36	1.06	0.25	0.37

Atlikto eksperimento duomenys suvidurkinti ir pateikti 5 lentelėje. Pagal pateiktus lentelėje duomenis galime daryti išvadą, kad atlikus $exp1$ (subjektas nepaveiktas alkoholio) $exp2$ (subjektas paveiktas alkoholio). Pagal gautus rezultatus matome kad standartinis nuokrypis yra mažesnis kai subjekto alkoholio koncentracijos kiekis yra lygus 0 promilės, o subjektas kuris paveiktas alkoholio standartinis nuokrypis padidėja. Iš gautų duomenų atlikus eksperimentuspastebime, kad x standartinio nuokrypio reikšmės visada mažesnės nei y .

5.4 lentelė. Suvidurkinta kairė ir dešinė akys

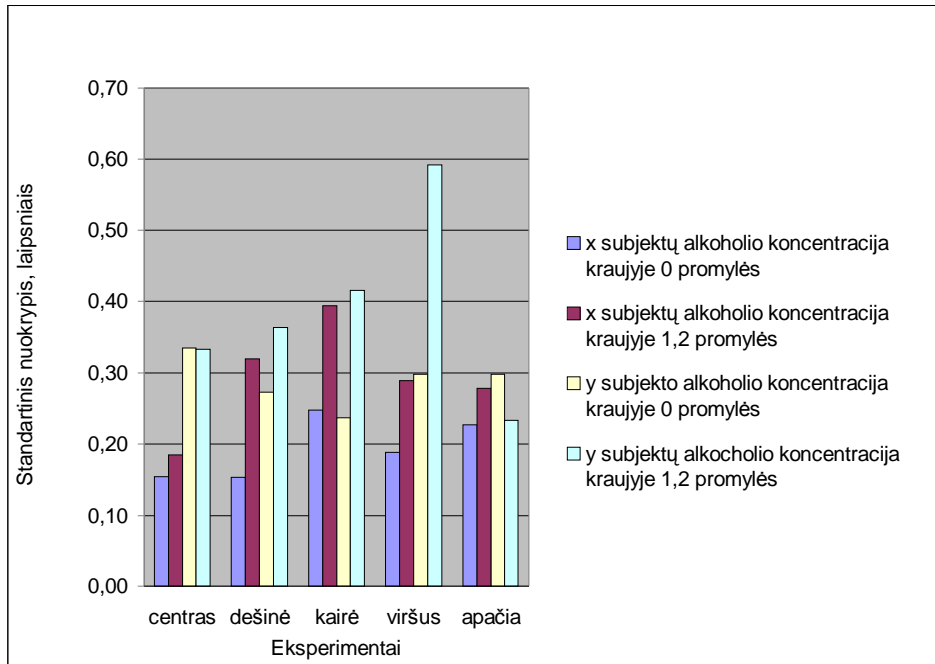
$exp1$						
Standartinis nuokrypis, laipsniais	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-jų taškų	
	X	y	x	y	x	y
Centras	0.15	0.34	0.23	0.34	0.22	0.31
Dešinė	0.15	0.27	0.18	0.24	0.29	0.28
Kairė	0.25	0.24	0.18	0.27	0.19	0.27

Viršus	0.19	0.30	0.16	0.30	0.20	0.38
Apačia	0.23	0.30	0.17	0.23	0.21	0.29
exp2						
Standartinis nuokrypis, laipsniais	0 taškas		1 taškas		Tarp 2-jų taškų	
	X	y	x	y	x	y
Centras	0.18	0.33	0.17	0.34	0.20	0.31
Dešinė	0.32	0.36	0.18	0.34	0.24	0.34
Kairė	0.39	0.42	0.26	0.31	0.22	0.27
Viršus	0.29	0.59	0.20	0.47	0.24	0.60
Apačia	0.28	0.23	0.26	0.51	0.24	0.29

Atlikus bandymus ir nubrėžus histogramą, galime padaryti išvadą, kad bandymas pavyko. Bandymo metu nustatėme, kad subjektų kurie buvo paveikti alkoholio standartinis nuokrypis padidėja. Pavartojus alkoholi akis daro didesnes paklaidas ir tokiu būdu fiksacinių akių judesių sklaida didėja. X standartinio nuokrypio rezultatas gana mažesnis nei y.

Atlikus eksperimentą su tašku, kuris atsirasdavo sekunde ir po to 15 sekundžių pranykdavo ir tuo metu fiksuojami akies mikrojudesiai. 5.12 paveiksle pateikta trijų subjektų, dalyvavusių bandyme, suvidurkinti standartiniai nuokrypiai.

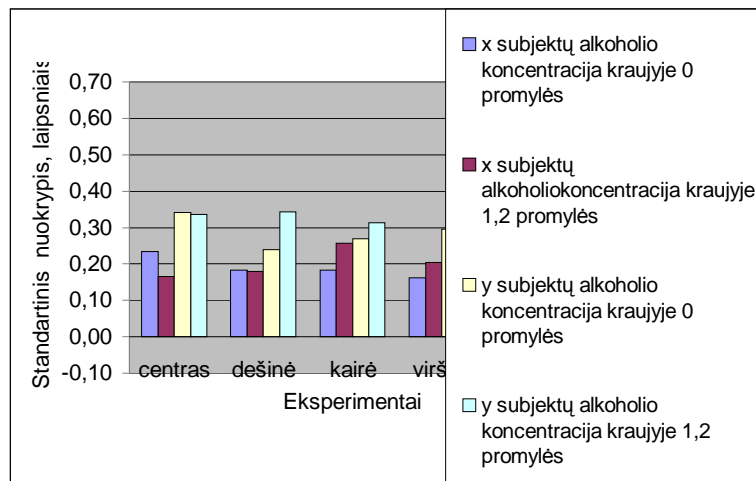
Bandymo rezultatai histogramoje parodo tai, kad žiūrint į centrą pirmo bandymo metu pagal x standartinį nuokrypį subjektų, kuriu alkoholio koncentracija lygo 0 promylės, duomenys geresni, o pagal y duomenys panašūs, net truputį geresni. Tačiau žiūrint į taškus dešinėje, kairėje ir viršuje, akivaizdžiai pastebimas alkoholio poveikis tiriamiesiems. Stebint taikinį apačioje, standartinis nuokrypis pagal x, paveikto alkoholio subjekto yra didesnis, bet standartinis nuokrypis pagal y – mažesnis. Galutinė išvada tokia, kad paveiktų alkoholio subjektų bendras standartinis nuokrypis didesnis, nei subjektų kurių alkoholio koncentracija kraujyje lygi 0 promylės



5.12 pav. Histograma- su tašku, kuris atsirasdavo sekunde ir po to 15 sekundžių pranykdavo.

Buvo atliktas eksperimentas su tašku, kurio fiksavimo trukmė buvo 15 sekundžių. 3 paveikle pateikta trijų subjektų, dalyvavusių bandyme, suvidurkinti standartiniai nuokrypiai.

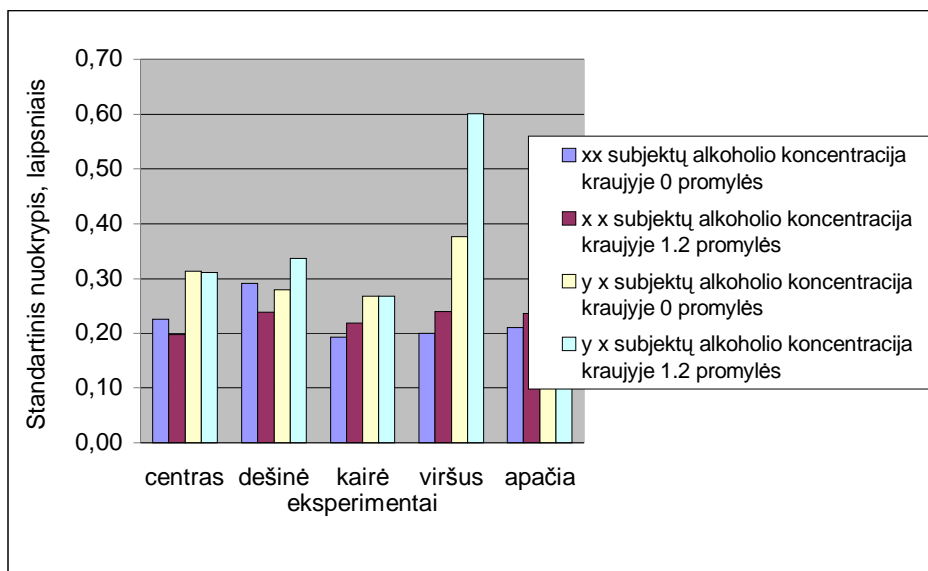
Bandymo rezultatai histogramoje (5.13 paveikslas) parodo tai, kad žiūrint į centrą pirmo bandymo metu pagal x standartinį nuokrypį nepaveiktų alkoholio subjektų duomenys blogesni, o pagal y – duomenys panašūs, netgi geresni. Tačiau žiūrint į taškus apačioje, kairėje ir viršuje akivaizdžiai matomas alkoholio poveikis tiriamiesiems. Stebint taikinį dešinėje, standartinis nuokrypis pagal x, paveiktų alkoholio subjektų duomenys yra nežymiai geresni, bet standartinis nuokrypis pagal y ryškiai padidėjęs. Galutinė išvada tokia, kad alkoholio paveiktų subjektų bendras standartinis nuokrypis didesnis, nei subjektų kurių alkoholio koncentracijos kiekis lygus 0 promylės.



5.13 pav. Histograma- eksperimento su tašku, fiksavimo trukmė 15 sekundžių.

Sekantis eksperimentas buvo atliktas žiūrint į centrą, tarp dviejų taškų. Bandymo pradžioje taškas atsirasdavo vienodai nutolęs nuo dviejų taškų ir po sekundės jo tiriamieji nebematydavo ir stengdavosi išlaikyti to taško padėtį. 5.14 paveikslas pateikta trijų subjektų, dalyvavusių bandyme, suvidurkintus standartinius nuokrypius.

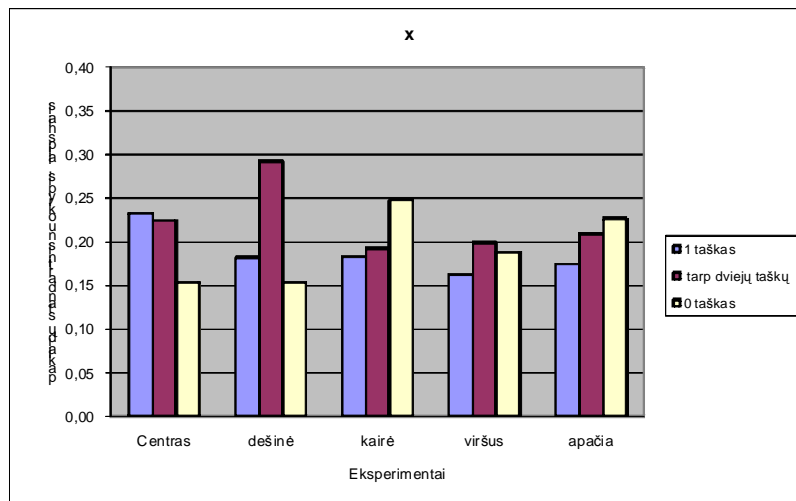
Bandymo rezultatai histogramoje parodo tai, kad žiūrint į centrą, pirmo bandymo metu pagal x, standartinis nuokrypis nepaveiktų alkoholio subjektų duomenys blogesni, o pagal y – duomenys panašūs, netgi geresni. Žiūrint į dešinę, matome, kad standartinis nuokrypis pagal x, subjektų paveiktų alkoholio, duomenys geresni nei nepaveiktų, bet pagal y subjektų paveiktų alkoholio standartinis nuokrypis didesnis. Kairės ir apačios eksperimento rezultatų duomenys pagal standartinį nuokrypį stebint y nežymiai skiriasi, bet pagal x, subjektų paveiktų alkoholio, standartinis nuokrypis didesnis. Iš eksperimento metu gautų duomenų galima daryti išvadą, kad skirtumai visgi yra tarp paveiktų alkoholio ir ne. Standartinis nuokrypis pagal y subjektų didžiausias.



5.14 pav. Histograma- eksperimentas buvo atliktas žiūrint į centrą, tarp dviejų taškų.

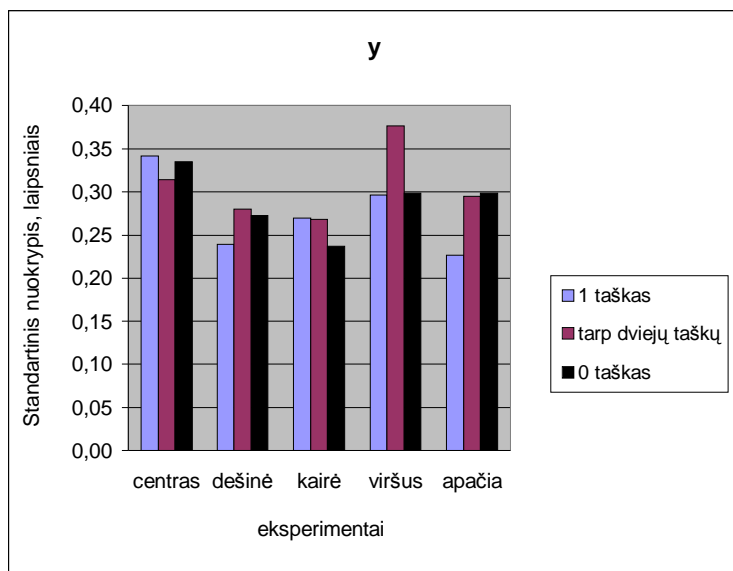
5.15 paveikslo duomenys pateikti iš anksčiau atliktų eksperimentų, suvidurkinti.

Pateikti standartiniai nuokrypiai kai žiūrima į 1 tašką, tarp 2-ų taškų ir nei vieno taško. Atlikus rezultatų analizę galima teigti, kad mažiausias standartinis nuokrypis pagal x yra: žiūrint į vieną tašką 0.182, antroj vietoj laikymas išnykusio taško koordinatės 0.192, ir trečioje vietoje žiūrėjimas tarp dviejų taškų 0.222. Iš šių gautų duomenų matyti kad sunkiausia buvo išlaikyti taško koordinatės tarp dviejų taškų.



5.15 pav. Eksperimento duomenys, kai žiūrima į 1 tašką, tarp 2-ų taškų ir nei vieno taško pagal (X)

5.16 paveikslas parodo kokius standartinius nuokrypius, kai žiūrima į 1 tašką, tarp 2-ų taškų ir nei vieno taško. Atlikus rezultatų analizę galima teigti, kad mažiausias standartinis nuokrypis pagal x yra: žiūrint į vieną tašką 0.272, antroje vietoje laikymas išnykusio taško koordinatės 0.286, ir trečioje vietoje žiūrėjimas tarp dviejų taškų 0.302



5.16 pav. Eksperimento duomenys, kai žiūrima į 1 tašką, tarp 2-ų taškų ir nei vieno taško pagal (Y)

5.4 Bandymas su taikiniu

Buvo atliekami bandymai, kurių metu taškas išnyksta, bet stengiamasi išlaikyti žvilgsnio trajektoriją.

Pirmas bandymas. Ant stovo pritvirtinamas taikinis iš plonos vielutės. Taikinis nutaikytas į tą tašką, kuris po kurio laiko išnyksta.

Bandymo tikslas, įrodyti, jog taikinis padeda išlaikyti taško koordinatės, bet šiuo atveju taikinis tapo kliūtimi ir bandymas nepasiteisino.

Antras bandymas. Žiūrėjimas į tašką.

Bandymo tikslas- bandymas pasiteisimo, per vielą žiūrint gauti daug geresni rezultatai.

Trečiasis bandymas Ekrane yra du taškai.

Bandymo tikslas – išlaikyti vidurio koordinatas. Su viela šis bandymas buvo žymiai sėkmingesnis.

5.5 lentelė Duomenys gauti atliekant bandymą su taikiniu (rezultatai gauti laipsniais).

	Pirmas bandymas be vielutės	Pirmas bandymas su vielute	Antras bandymas be vielutės	Antras bandymas su vielute	Trečias bandymas be vielutės	Trečias bandymas su vielute
xstd	0,372	1,352	1,635	0,281	1,576	0,704
ystd	0,586	0,338	1,825	0,1631	1,492	0,185

Gautais bandymo rezultatais pastebime, kad nevidada taikinuskas gelbsti ir leidžia pasiekti geresnius rezultatus kartais jis tampa kliūtimi mūsų akiai ir to pasekoje gaunami blogesni rezultatai.

IŠVADOS

- Buvos susipažinta su mokslinėje literatūroje pateiktomis akių fiksacinių mikrojudesių savybėmis; Fiksacinių mikrojudesių kiekybinės charakteristikos žiūrint žmogui į mažą nejudantį taikinį, gerai žinomas. Mikrošuoliukų amplitudės yra nuo 0.1 iki 0,9 (vidurkis 0,3) laipsnio, o dažnis 1 – 3 Hz juostoje (vidurkis 2,6 Hz). Didžiausias mikrošuoliukų greitis – nuo 10 iki 100 (vidurkis 30) laipsnių per sekundę. Dreifo greitis yra 0,4 laipsnio per sekundę. Tremoro spektras yra sukoncentruotas nuo 50 iki 70 Hz diapazone, o amplitudė neviršija pusės kampinės minutės.
- Patikrintos akių judesių matuoklio paklaidos panaudojant dirbtinę nejudančią akį. Kurio metu buvo patikrintos EyeGaze System daromos paklaidos kurios neviršija 0,45 laipsnio;
- Ištirti binokulinių dviejų koordinačių fiksaciniai akių mikrojudesiai stebint matomą taikinį, menamą taikinį, esantį tarp dviejų matomų taikinių, ir įsivaizduojamą taikinį tamsoje, kai taikiny yra matymo lauko centre. Atlikus bandymus ir gautus duomenis, kurie pavaizduoti 10 pav. galima teigti, kad žiūrint į realų daiktą sklaida horizontalia padėtim žymiai mažesnė, nei žiūrint į menamą tašką;
- Ištirti binokulinių dviejų koordinačių fiksaciniai akių mikrojudesiai stebint taikinį, esantį matymo lauko dešinėje, kairėje, viršuje ir apačioje bei sutrikus koncentracijai dėl alkoholio poveikio. Bandymo rezultatais yrodyta, standartinis nuokrypis paveikus subjekta alkoholiu padidėja.
- Ištirta binokulinių dviejų koordinačių fiksacinių akių mikrojudesių parametru priklausomybė nuo žmogaus koncentracijos įdėmiai fiksuojant taikinį ir imituojant šaudymo į taikinį veiksmą. Šio bandymo metu buvo nustatyta, kad pirmu atveju, žiūrint į objektą, kuris po tam tikro laiko išnykdavo – taikinukas nepasiteisino. Rezultatas net 50% prastesnis. Antras bandymas buvo sėkmingesnis: per taikinuką buvo žiūrima į tašką, kuris laikui bėgant nekeitė savo padėties. Trečias bandymas taip pat sėkmingesnis su taikiniu. Tuo buvo įrodome, kad kartais taikiny tampa kliūtimi ir todėl rezultatai gaunami prastesni.

LITERATŪRA

1. Akies sandara //Prieiga per internetą: (žiūrėta 2009 03 01)
<http://akis.lass.lt/>
2. Žmogaus akis //Prieiga per internetą: (žiūrėta 2009 05 07)
http://www.learner.org/jnorth/images/graphics/d-e/eagle_humaneye.GIF
3. LC Technologies Development System Users Manual //Prieiga per internetą (Žiūrėta 2009 01 09)
<http://www.eyegaze.com/>
4. V. Laurutis, G. Daunys, R. Zemblys, Information characteristics of the smooth pursuit eye movements // Informatica. –Vilnius, –2005. Vol. 16, No. 4, P. 541–556
5. Duchowski A. Eye-Based Interaction in Graphical Systems: Theory and Practice. SigGraph2000 , New Orleans, 23-28th July 2000. Course Notes, ACM press.
6. V. Laurutis, R. Zemblys, Information characteristics of the double – step saccadic eye movements, 2008
7. Kahn D. A., Heynen, J. and Snuggs, G. L. Eye-Controlled Computing: The VisionKey Experience. Proceedings of the Fourteenth International Conference on Technology and Persons with Disabilities (CSUN'99), Los Angeles, CA. 1999.
8. Hansen D. W., Hansen, J. P., Nielsen, M., Johansen, A. S. and Stegmann, M. B. Eye Typing using Markov and Active Appearance Models. IEEE Workshop on Applications on Computer Vision.2002, p.32–136
9. R. Zemblys, V. Laurutis, Koordinuotų žmogaus judesių informacinis vertinimas, 2009
10. Gips, J., DiMattia, P., Curran, F.X. and Olivieri, P. Using EagleEyes: An Electrodes based Device for Controlling the Computer with Your Eyes to Help People with Special Needs. In Klaus, J. et al. (eds.) Interdisciplinary Aspects on Computers Helping People with Special Needs. R. Oldenberg, Vienna. 1996
11. Glenstrup A. J. and Engell-Nielsen, T. (1995) Eye controlled media: Present and future state. Degree thesis. <http://www.diku.dk/~panic/eyegaze/> - 2007.05.09

Darbe panaudotų paveikslų šaltiniai:

- [3.1p] <http://www.eyetechds.com/images/QG2Laptop.JPG> - 2007.05.09.
- [3.1.1p] <http://www.eyecan.ca/images/sam.jpg> - 2007.05.09.
- [3.3p] <http://www.metrovision.fr/mv-po-notice-im18.jpg> - 2007.05.09.