

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
ELEKTRONIKOS KATEDRA

Martynas Kleponis

AKIES VYZDŽIO DIAMETRO KONTROLĖS SISTEMA

Magistro darbas

**Vadovas**

prof. habil. dr. V. Laurutis

ŠIAULIAI, 2013

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
ELEKTRONIKOS KATEDRA

**TVIRTINU**

**Katedros vedėjas**

prof. dr. G. Daunys

**AKIES VYZDŽIO DIAMETRO KONTROLĖS SISTEMA**

Magistro darbas

**Vadovas**

prof. habil. dr. V. Laurutis

2013-06

**Atliko**

RM-11 gr. stud.

M.Kleponis

2013-06

**Recenzentas**

prof. dr. V. Lauruška

2013-06

ŠIAULIAI, 2013

# TURINYS

<b>SUMMARY</b>	<b>5</b>
<b>Lentelių sąrašas</b>	<b>6</b>
<b>Paveikslų sąrašas</b>	<b>7</b>
<b>Įvadas</b>	<b>9</b>
<b>1. Akies vyzdžio diametro pokyčio kontrolės sistema ir jos panaudojimo galimybės</b>	<b>11</b>
1.1. Žmogaus regos sistema.....	11
1.1.1. Regos sistemos sandara .....	11
1.1.2. Akies vyzdžio paskirtis ir funkcijos .....	12
1.1.3. Vegetacinė nervų sistema .....	15
1.2. Akies vyzdžio diametro kontrolės sistema .....	16
1.2.1. Akies vyzdžio diametro valdymo sistema .....	16
1.2.2. Akies vyzdžio reakcija į skirtingo stiprumo šviesą.....	19
1.3. Akies vyzdžio diametro pokyčio sąryšis su žmogaus psichofiziologine būseną .....	21
1.3.1. Melo detektorius.....	21
1.3.2. Akies vyzdžio pokytis pasikeitus žmogaus emocinei būsenai.....	22
<b>2. Eksperimentinio tyrimo įranga ir metodika</b>	<b>27</b>
2.1. Akių judesių sekimo įrenginys Eyegaze System.....	27
2.1.1. Akių judesių sekimo įrenginio Eyegaze System techninė įranga ir jos kalibravimas.....	27
2.1.2. Akių judesių sekimo įrenginio Eyegaze System akies vyzdžio diametro skaičiavimas .....	29
2.2. Eksperimentų tyrimų metodikos .....	30
2.2.1. Eksperimentas 1: akies vyzdžio diametro pokytis į skirtingos šviesos stiprumą.....	30
2.2.2. Eksperimentas 2: akies vyzdžio pokytis tiriamajam žinant ir nežinant atsakymo į klausimą .....	31
2.2.3. Eksperimentas 3: akies vyzdžio pokytis tiriamajam meluojant .....	33
<b>3. Eksperimentų tyrimų rezultatai</b>	<b>35</b>
3.1. Akies vyzdžio diametro pokytis į skirtingo stiprumo šviesą eksperimento rezultatai .....	35
3.2. Akies vyzdžio diametro pokyčio eksperimento rezultatai tiriamajam žinant ir nežinant atsakymo į klausimą .....	35

3.3. Akies vyzdžio diametro pokyčio ekspermento rezultatai tiriamajam meluojant.....	42
<b>Išvados</b>	<b>48</b>
<b>Literatūros sąrašas</b>	<b>49</b>

## **SUMMARY**

Martynas Kleponis. Eye Pupil Diameter Control System. Master thesis of Signal Technology / research advisor prof. habil. dr. V. Laurutis; Šiauliai University, Faculty of Technology, Department of Electronic. Šiauliai, 2013.

The master thesis purpose to analyze a control system model of pupil size and research possibility how is to use the variation of pupil size to set psycho emotional state of people. The variation of diameter of eye pupil is depended by two responses: response of a pupil to the light and response of a pupil to the psycho emotional state. Three researches have been done. During the first research has been analyzing pupil size variation induced by lights. The sensitivities of different lights have been used in that research. During the second research has been analyzing pupil size variation induced by reaction of people when they know the answer and do not. During the third research has been analyzing pupil size variation induced by reaction of people when they lie. The researches have been done with the Eyegaze System. The results have been presented in a form of diagrams. If eye is illuminated more intensive light, pupil size is more decrease. If people are nervous (they lie or do not know the answer), their eyes pupils are bigger than they are calm (they do not lie or know the answer).

## Lentelių sąrašas

- 1 lentelė.** Pirmojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis žinojo atsakymą į klausimą (lentelėje pažymėta baltu fonu), ir kai nežinojo atsakymo į klausimą (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)
- 2 lentelė.** Antrojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis žinojo atsakymą į klausimą (lentelėje pažymėta baltu fonu) ir nežinojo atsakymo į klausimą (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)
- 3 lentelė.** Trečiojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis žinojo atsakymą į klausimą (lentelėje pažymėta baltu fonu), ir kai nežinojo atsakymo į klausimą (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)
- 4 lentelė.** Ketvirtojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis žinojo atsakymą į klausimą (lentelėje pažymėta baltu fonu) ir nežinojo atsakymo į klausimą (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)
- 5 lentelė.** Pirmojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis nemelavo (lentelėje pažymėta baltu fonu) ir melavo (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)
- 6 lentelė.** Antrojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis nemelavo (lentelėje pažymėta baltu fonu) ir melavo (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)
- 7 lentelė.** Trečiojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis nemelavo (lentelėje pažymėta baltu fonu) ir melavo (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)
- 8 lentelė.** Ketvirtojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis nemelavo (lentelėje pažymėta baltu fonu) ir melavo (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)

## Paveikslų sąrašas

<b>1.1 pav.</b> Regos sandara.....	11
<b>1.2 pav.</b> Akies vaizdas vyzdžiui susitraukus (kairėje) ir išsiplėtus (dešinėje) .....	12
<b>1.3 pav.</b> Stiebeliai ir kūgeliai .....	13
<b>1.4 pav.</b> Kūgelių reakcijos priklausomybė nuo šviesos bangos ilgio .....	14
<b>1.5 pav.</b> Vegetacinė nervų sistema.....	15
<b>1.6 pav.</b> Akies vyzdžio diametro efekto reakcija.....	16
<b>1.7 pav.</b> Akies vyzdžio reflekso į įviesą modelis.....	17
<b>1.8 pav.</b> Netiesinio grįžtamojo ryšio modelio gautas grafikas. Akies vyzdžio ploto priklausomybė nuo laiko, kai į modelio įėjimą paduodamas signalai loginis vienetas ir loginis nulis.....	18
<b>1.9 pav.</b> Akies vyzdžio dydžio matuoklio modelis.....	19
<b>1.10 pav.</b> Akies vyzdžio diametro priklausomybė nuo laiko, esant raudonai arba mėlynai šviesai.	21
<b>1.11 pav.</b> James Mackenzie poligrafas.....	22
<b>1.12 pav.</b> Akies paveikslėlio fiksavimo įrenginys: 1.Šalmas 2.Infraraudonųjų spindulių šviesos diodai 3.Vaizdo kamera 4.Regulatorius.....	23
<b>1.13 pav.</b> Vaizdo apdorojimo programinės įrangos schema .....	24
<b>1.14 pav.</b> Vyzdžio diametro ir laiko tarpusavio priklausomybės diagrama, nustatyta per 50 sekundžių nuo klausimo pateikimo ekrane, kai studentas pateikia teisingą atsakymą.....	24
<b>1.15 pav.</b> Vyzdžio diametro ir laiko tarpusavio priklausomybės diagrama, nustatyta per 35 sekundes nuo klausimo pateikimo ekrane, kai studentas pateikia klaidingą atsakymą. 4 zona – atsakymas į klausimą .....	25
<b>2.1 pav.</b> Eyegaze sistemos techninė įranga .....	27
<b>2.2 pav.</b> Akies vaizdas gaunamas LC Technologies sistema .....	28
<b>2.3 pav.</b> Kalibravimo vaizdas ekrane .....	28
<b>2.4 pav.</b> vaizdo kameros fiksuojamas vaizdas.....	29
<b>2.5 pav.</b> Prožektorius su mėlynos ir raudonos spalvos filtrais, kuriuo buvo apšviečiama tiriamojo akis.....	30
<b>2.6 pav.</b> Akies vyzdžio pokytis eksperimento metu tiriamajam žinant atsakymą į klausimą .....	32
<b>2.7 pav.</b> Akies vyzdžio pokytis eksperimento metu tiriamajam nežinant atsakymo į klausimą .....	32
<b>2.8 pav.</b> Akies vyzdžio dydžio pokytis eksperimento metu tiriamajam nemeluojant .....	33
<b>2.9 pav.</b> Akies vyzdžio dydžio pokytis eksperimento metu tiriamajam meluojant.....	34
<b>3.1 pav.</b> Akies vyzdžio diametro priklausomybė nuo laiko, esant įjungtai raudonai(1) arba mėlynai(2) šviesai.....	35
<b>3.2 pav.</b> Akies vyzdžio pokytis eksperimento metu tiriamajam nežinant atsakymo į klausimą .....	36

<b>3.3 pav.</b> Akies vyzdžio pokytis eksperimento metu tiriamajam žinant atsakymą į klausimą .....	36
<b>3.4 pav.</b> Pirmojo tiriamojo akies vyzdžio diametro skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu), ir kai nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija .....	37
<b>3.5 pav.</b> Antrojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu), ir kai nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija .....	39
<b>3.6 pav.</b> Pirmojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu) ir nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija .....	40
<b>3.7 pav.</b> Ketvirtojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu), ir kai nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija .....	41
<b>3.8 pav.</b> Akies vyzdžio dydžio pokytis eksperimento metu tiriamajam nemeluojant .....	42
<b>3.9 pav.</b> Akies vyzdžio dydžio pokytis eksperimento metu tiriamajam meluojant .....	42
<b>3.10 pav.</b> Pirmojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu), ir kai nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija .....	44
<b>3.11 pav.</b> Antrojojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu) ir nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija .....	45
<b>3.12 pav.</b> Trečiojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu), ir kai nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija .....	46
<b>3.13 pav.</b> Ketvirtojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu), ir kai nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija .....	47



## Įvadas

Regos sistema yra pagrindinė sensorinė sistema, padedanti žmogui orientuotis aplinkoje ir suprasti supantį pasaulį. Apie 70 – 80 procentų informacijos žmogus gauna regos organo dėka. Akis yra distancinis receptorių, informuojantis apie išorinį pasaulį betarpiškai su juo nekontaktuodamas. Regos sistemai priklauso akis ir neuroniniai jos ryšiai, o visą regėjimo procesą valdo vegetacinė nervų sistema. Ji skirstoma į simpatinę bei parasimpatinę nervų sistemas, ir reguliuoja akies vyzdžio susitraukimą ir išsiplėtimą.

Atsižvelgiant į vyzdžio diametro pokyčius, galima spręsti apie žmogaus jausmus ir emocijas, tokiu būdu padedant mums geriau suprasti žmones. Atsižvelgiant į žmogaus emocinės būsenos ir akies vyzdžio diametro sąveiką, gali būti sukurti įvairūs prietaisai bei taikomi skirtingi metodai, leidžiantys meluojančius žmones atskirti nuo tiesą sakančių žmonių. Tokie prietaisai gali būti naudojami policijoje, krašto apsaugos sistemoje, ir panašiose institucijose. Šiais laikais testas melo detektoriumi atliekamas matuojantis žmogaus širdies ritmą, kraujo spaudimą, prakaitavimą, kvėpavimą.

Regėjimas be šviesos yra neįmanomas. Šviesos jutimas yra visų regos organo funkcijų pagrindas. Už šviesos patekimą į akį yra atsakingas akies vyzdys, kuris savo judesiais reguliuoja patenkančios šviesos kiekį. Vyzdžio judėjimas yra nevalingas procesas, kurį reguliuoja rainelės raumenys. Vyzdžio šviesos refleksas jau ilgą laiką yra nagrinėjamas gydytojų ir mokslininkų, nes tai atsako į klausimus apie šviesos patekimą į tinklainę. Vyzdžio matuoklio sistema yra išrasta tam, kad būtų vykdoma tikslesnė šviesos stimulo (šviesos kiekio, patenkančio į akį) kontrolė, taip pat ši sistema suteikia daugiau galimybių įvairiais būdais įrašyti akies vyzdžio judesius, kas yra labai svarbu įvairiose medicinos kryptyse. Vėliau buvo aprašytas metodas, kaip akies tinklainė reaguoja į pasirinkto ilgio bangas (spalvotas), vis keičiant šviesos intensyvumą, ir tai suteikė galimybę įvertinti išorinę ir vidinę tinklainės funkcijas.

Žmogaus akies vyzdžio tyrinėjimas yra labai svarbus ir aktualus procesas, leidžiantis mums geriau pažinti žmogaus regos sistemą, ir spręsti su ja iškilusias problemas. Išsiaiškinus žmogaus akies vyzdžio refleksą, galima sukurti metodus, padėsiančius žmonėms pagerinti regėjimą. Taigi, tai užima labai svarbią vietą medicinoje. Taip pat, išsiaiškinus žmogaus emocinės būsenos ir akies vyzdžio diametro sąveiką, galima sukurti metodus, padėsiančius meluojančius žmones atskirti nuo tiesą sakančių žmonių.

### **Darbo tikslas:**

Išanalizuoti vyzdžio dydžio kontrolės sistemos modelį bei ištirti galimybę kaip vyzdžio diametro pokytį panaudoti žmogaus psichofiziologinėms charakteristikoms nustatyti.

**Darbo uždaviniai:**

1. Remiantis žmogaus anatomija teoriškai išnagrinėti žmogaus regos sistemą, išanalizuoti akies vyzdžio dydžio kontrolės sistemos modelį, vyzdžio dydžio reakciją į šviesos pokyčius bei žmogaus emocinės būsenos ir jo akies vyzdžio dydžio sąveiką.
2. Sudaryti akies vyzdžio dydžio pokyčių tyrimo eksperimentų atlikimo standą, panaudojant akių judesių tyrimo įtaisą EyeGaze System.
3. Eksperimentiškai nustatyti akies vyzdžio diametro pokytį į skirtingo stiprumo šviesą.
4. Eksperimentiškai nustatyti akies vyzdžio diametro pokytį priklausomai nuo to ar tiriamasis žino arba nežino atsakymą į pateiktą klausimą.
5. Eksperimentiškai nustatyti akies vyzdžio diametro pokytį žmogui meluojant.
6. Suformuluoti išvadas kaip gautus eksperimentų rezultatus panaudoti praktiškai.

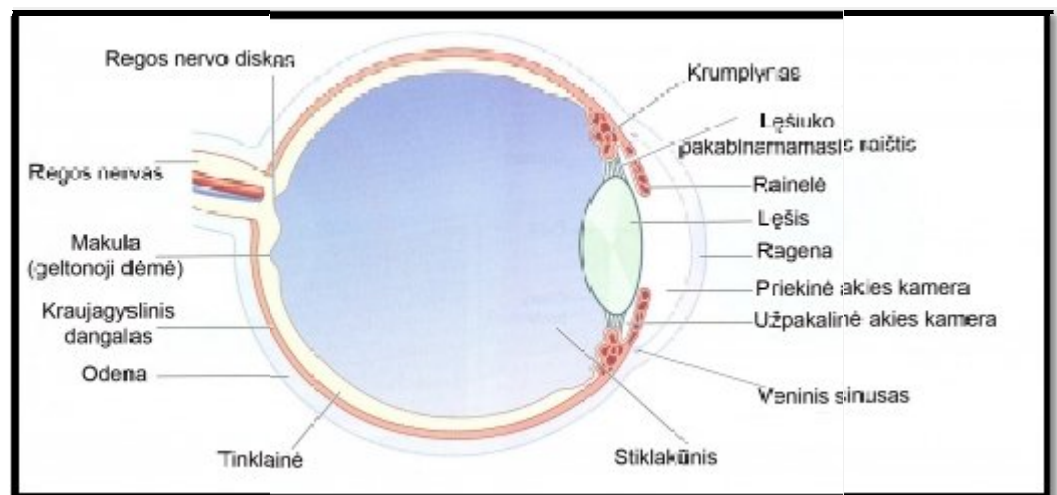
# 1. AKIES VYZDŽIO DIAMETRO POKYČIO KONTROLĖS SISTEMA IR JOS PANAUDOJIMO GALIMYBĖS

## 1.1. Žmogaus regos sistema

### 1.1.1. Regos sistemos sandara

Norint suprasti, kaip fizinė energija paverčiama spalvos pojūčiu, reikia panagrinėti regos sistemos bei akies sandarą: Žmogaus akis – žmogaus galvoje esantis organas, priimantis aplinkos informaciją matomoje elektromagnetinių bangų srityje ir transformuojantis ją į nervinius impulsus. Tai ištiesęs apie 2,5 cm skersmens rutulys. Jos pagalba žmogus orientuojasi aplinkoje, pažįsta pasaulį, mokosi. Regos organo veikla paremta šviesos, spalvos, formos, dydžio ir kitų požymių analize. Akies sandara ir jos veikimas panašus į fotoaparato - akis automatiškai reaguoja į stebimo objekto apšvietimą ir nuotolį iki jo taip, kad objektas būtų ryškiai matomas.

Akyje šviesos energija yra paverčiama nerviniais impulsais. Pirmiausia pagalbinės akies struktūros sutelkia šviesos spindulius į ryškų vaizdą. Šviesos spinduliai patenka į akį praeidami lenktą, permatomą apsauginį sluoksnį, vadinamą ragena. Tada šviesa pereina per vyzdį, kuris iš karto atsiveria už ragenos. Rainelė, spalvotas raumuo, sureguliuoja patenkantį šviesos kiekį iki leistino dydžio sspausdama arba atpalaiduodama vyzdį. Iš karto už vyzdžio yra lęšiukas. Akies ragena ir lęšiukas abu yra išlenkti taip, kad kaip ir fotoaparato kameros lęšiai išlenkia šviesos spindulius. Šis procesas vadinamas akomodacija. Šviesos spinduliai yra sutelkiami akies galiniame paviršiuje, kuris yra vadinamas tinklaine – tai yra daugiasluoksnis audinys, dengiantis vidinį akies obuolio paviršių. [13,14]

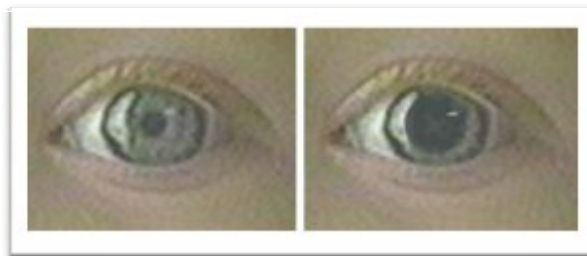


1.1 pav. Regos sandara

### 1.1.2. Akies vyzdžio paskirtis ir funkcijos

Vyzdys (lot. pupilla) – apvali anga rainelės centre, pro kurią į akį patenka šviesa. Prieš vyzdį yra akies kameros skystis ir ragena, už jo – lęšiukas, stiklakūnis ir akies dugnas. Vyzdys atrodo juodas, nes pro jį patekę šviesos spinduliai sugeriami giliose akies terpėse. Normalus vyzdžio skersmuo 4 mm. Ryškioje šviesoje vyzdys susitraukia, kad į akį nepatektų per daug šviesos. Tai padeda apsaugoti akies dugne esančias nervines ląsteles. Prietemoje vyzdys išsiplėčia, kad į akį patektų kuo daugiau šviesos (ryškioje šviesoje gali susiaurėti iki 1 mm, o tamsoje išsiplėsti iki 8 mm). Abiejų akių vyzdžių reakcija į šviesą paprastai būna vienoda. Vyzdys gali kisti ir nuo psichinių reakcijų (pvz. labai supykus susiaurėja, iš didelės baimės ar stipraus skausmo išsiplėčia). [7, 8, 9]

Vyzdžio judėjimas yra nevalingas procesas, jį reguliuoja rainelės raumenys - plečiamasis (dilatatorius) ir sutraukiamasis (retraktorius) akies vidiniai raumenėliai. Sutraukiamasis raumuo, kuris sutraukia vyzdį, yra žiedo formos, o plečiamąjį raumenį sudaro tiesios raumeninės skaidulos, kurios ir praplečia vyzdį. Šių raumenų veiklą reguliuoja vegetacinė nervų sistema (nervų sistemos dalis, kontroliuojanti nevalingus veiksmus). [7, 8, 9]

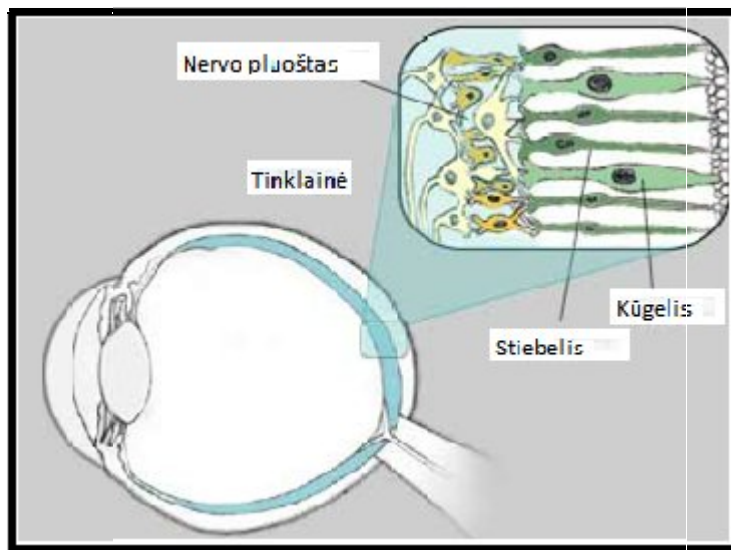


1.2 pav. Akies vaizdas vyzdžiui susitraukus (kairėje) ir išsiplėtus (dešinėje)

Regėjimas be šviesos yra neįmanomas. Šviesa – tai fizinė energija, į kurią reaguoja regos receptoriai, todėl regėjimas prasideda šviesai patekus į akis. Žmogaus matoma šviesa yra tik siaura viso elektromagnetinių spindulių spektro dalis. Elektromagnetinių bangų spektras prasideda nuo ilgųjų, arba radijo, bangų, apima siaurą spektro dalį, kurią žmogus junta kaip regimą šviesą, toliau pereina į neįjuntamas trumpąsias kosminio spinduliavimo bangas. Žmogaus regos jutimus padeda apibūdinti du fiziniai šviesos požymiai: 1) šviesos bangos ilgis, kuris lemia bangos atspalvį (spalvą, kurią mes matome); 2) šviesos stiprumas arba šviesos bangos energijos kiekis, kuris turi įtakos skaisčiui. Nors regimos šviesos spektrą sudaro įvairių ilgių bangos, žmogus linkęs matyti keturias pagrindines jo spalvas: raudoną, geltoną, žalią ir mėlyną-violetinę. [15]

Šviesos energijos pavertimas nerviniais impulsais vyksta tinklainėje. Tinklainėje lokalizuojasi fotoreceptoriai, kurie šviesą ir paverčia nerviniais impulsais. Fotoreceptoriai yra dviejų rūšių: stiebeliai ir kūgeliai. Paprastai tinklainėje yra apie 7 mln. kūgelių ir daugiau nei 100 mln. stiebelių.

Stiebeliai - akies tinklainės receptoriai, jautrūs blankiai šviesai. Tamsoje regėjimas naudoja tik stiebelius, todėl spalvų nesimato. Stiebeliuose randamas rodopsinas. Šiose ląstelėse, šviesos energija, virsta jaudinimu. Stiebeliai išsidėsto labiau periferijoje ir jie atsakingi už matymą prietemoje, naktį. Stiebeliai reaguoja į silpnus šviesos lygius. Jie atsako tik vienam spektriniam ruožui, tad negali atskirti spalvų. Stiebeliai yra jautresni negu kūgeliai, reaguoja silpnesnės šviesos paveikti. Jautrumas veik nepriklauso nuo šviesos dažnio. Procesas, kurio metu stiebeliai ir kūgeliai tampa jautresni šviesai reaguojant į sumažėjusį apšvietimo lygį vadinama adaptacija. Net ir esant adaptacijai tamsoje energijos nepakanka, kad stimuliuoti kūgelius reaguoti į spalvas, todėl tamsoje matomas juodai-baltai-pilkas pasaulis. Priešingo proceso – adaptacijos šviesai – metu stiebeliai ir kūgeliai tampa mažiau jautrūs.[15]



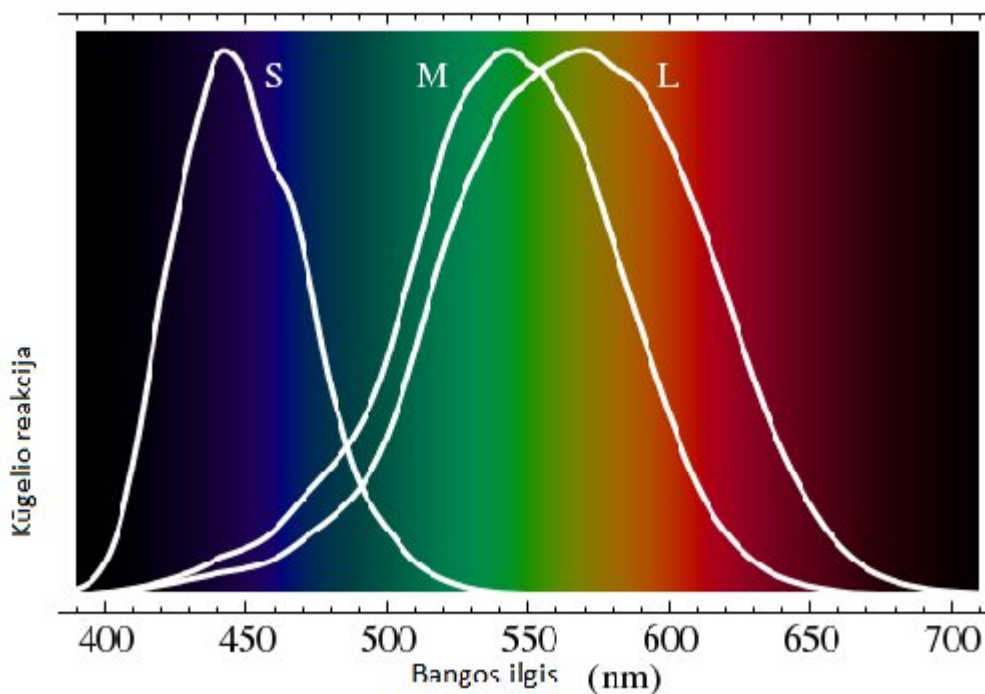
**1.3 pav.** Stiebeliai ir kūgeliai

Kūgeliai išsidėstę pagrindinėje tinklainės centrinėje dalyje ir yra atsakingi už matymą ryškioje šviesoje bei spalvų juslę. Jų funkciją atspindi regos aštrumas bei spalvų juslė. Žmogus turi trichomatinį regėjimą, t.y. jo tinklainėje esti trijų skirtingų tipų kūgelių, jautrių raudonai, mėlynai ir žaliai spalvai. Signalai nuo kūgelių sukuria spalvas. Jei į smegenis pakliūva tik signalas nuo vieno tipo kūgelio ir nėra signalų nuo kitų tipų, tai matoma atitinkamai raudona, žalia arba mėlyna spalva. Todėl kūgelių tipai vadinami raudona, žalia, mėlyna, o šios spalvos vadinamos pirminėmis pagrindinėmis spalvomis. Kūgeliai yra ženklinami ir skirstomi į tris grupes pagal jų bangų ilgio spektro jautrumą: trumpi (S), vidutiniai (M) ir ilgi (L). [16]

Spalvų matymas – tai yra organizmo gebėjimas reaguoti reaguoti į šviesos bangų ilgius (dažnius). Spalvų suvokimas gali būti matuojamas ir suvokiamas skirtingai, kadangi kiekvieno žmogaus spalvų suvokimas yra subjektyvus procesas, kurio metu smegenys reaguoja į dirgiklius,

patenkančius į akį. Spalvos suvokimas labai priklauso nuo konteksto, kuriame pateiktas suvokiamas objektas.

Šviesos bangos ilgio diapazonas, kiekvieną iš šių receptorių veikia nevienodai stipriai. Pavyzdžiui, gelsvai žalia šviesa stimuliuoja M ir L kūgelius vienodai stipriai, o S kūgelius veikia silpnai. Kita vertus, raudona šviesa stimuliuoja L kūgelius daug stipriau, nei M ir L. Smegenys sujungia informaciją, gautą atskirai iš visų receptorių (kūgelių) ir paverčia ją spalvos suvokimu. [16]



1.4 pav. Kūgelių reakcijos priklausomybė nuo šviesos bangos ilgio

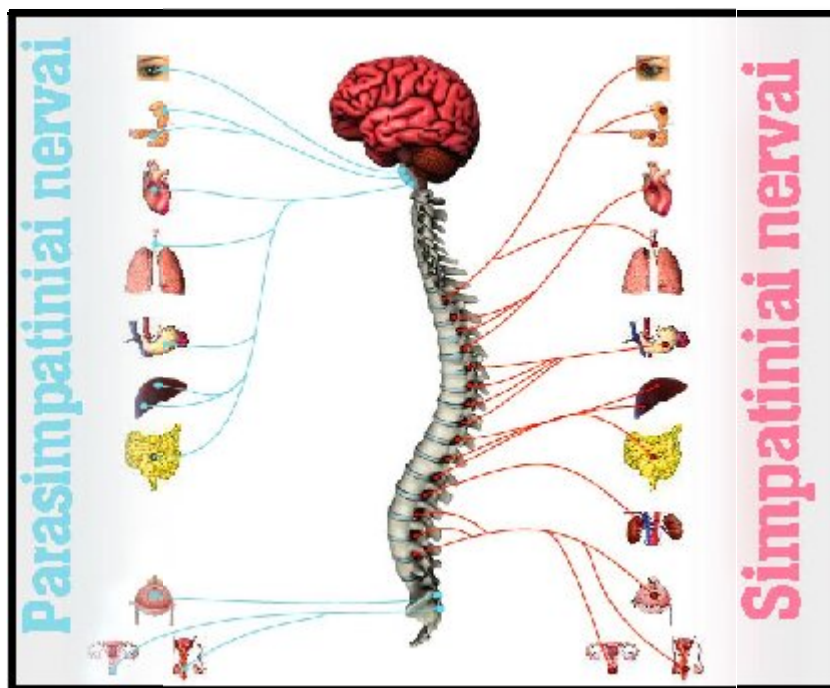
Trichromatinė spalvų teorija – teigia, kad tinklainėje yra trijų rūšių kūgeliai. Vieni yra jautriausi raudonai spalvai, kiti – žaliai ir tretis – mėlynai. Jungiant signalus iš visų trijų receptorių, sukuriama įvairių spalvų matymas. Nors kiekvienos rūšies kūgeliai yra maksimaliai intensyvūs tam tikro ilgio bangoms, kiekvienas iš jų reaguoja plačiau ir priima kito ilgio bangas. Trichromatinė spalvų teorija gerai paaiškina faktą, kad jungiant tris pirmines spalvas galima išgauti bet kokią kitą spalvą. Taip pat paaiškina ir aklumą spalvoms – dalinį ar visišką negebėjimą suvokti spalvas. Spalva, sodrumas ir ryškumas yra trys atskiri spalvos suvokimo aspektai. Nors žmogus skiria apytikriai tik 150 spalvų, tačiau kombinuojant skirtingus sodrumo ir ryškumo laipsnius gaunama daugiau nei 300000 skirtingų spalvų. [16]

Oponentinių procesų teorija teigia, kad tinklainėje egzistuoja trys poros spalvų receptorių: geltonos-mėlynos pora, raudonos-žalios ir baltos-juodos. Kiekvienos poros narys veikia priešingai (opoziciškai) kitam. Oponentinių procesų teorija geriau nei trichromatinė paaiškina pavaizdžio

fenomeną – pavaizdį visada sudaro papildančios spalvos. Dabar aiškinant spalvų suvokimą sujungiamos abi minėtos teorijos. Tokiu būdu teigiama, kad informacija apie spalvą yra apdorojama dviem etapais. Kaip teigė Young'o ir Helmholtz'o trijų spalvų teorija, raudonai, žaliai ir mėlynai spalvai jautrūs tinklainės kūgeliai skirtingai reaguoja į skirtingų spalvų dirgiklius. Tada pakeliui į regos žievę šiuos apdoroja nervų sistemos oponentiniai neuronai. [16]

### 1.1.3. Vegetacinė nervų sistema

Vegetacinė nervų sistema – inervuoja visus vidaus organus, lygiuosius raumenis, širdį, kraujagysles, taip pat tvarko audinių trofiką, liaukų sekreciją. Taigi visa sąmonės nekontroliuojama organizmo veikla yra valdoma vegetacinės nervų sistemos. Norint pabrėžti jos savarankiškumą ir nepriklausomumą, ji dar vadinama autonominė. Vegetacinė nervų sistema skirstoma į simpatinę ir parasimpatinę nervų sistemą. Jos turi priešingą poveikį ir abi kartu padeda išlaikyti pastovią kūno būseną. Vegetacinė nervų sistema taip pat atsakinga už žmogaus regėjimą. Sutraukiamąjį akies raumenį kontroliuoja parasimpatinė nervų sistema - centrinės nervų sistemos dalis, susijusi su energijos atgavimu bei išsaugojimu, kūną grąžinanti į normalią būseną po stimuliavimo ar sužadavimo. Pavyzdžiui, lėtina širdies darbą, mažina kraujospūdį, siaurina bronchus, siaurina vyzdį, išgaubia lęšiuką, pritaikydama jį artimam matymui. Parasimpatinės nervų sistemos centrinė dalis yra smegenų kamiene ir kryžminėje nugaros smegenų dalyje, iš čia nerviniai impulsai ateina į vyzdį. [17]



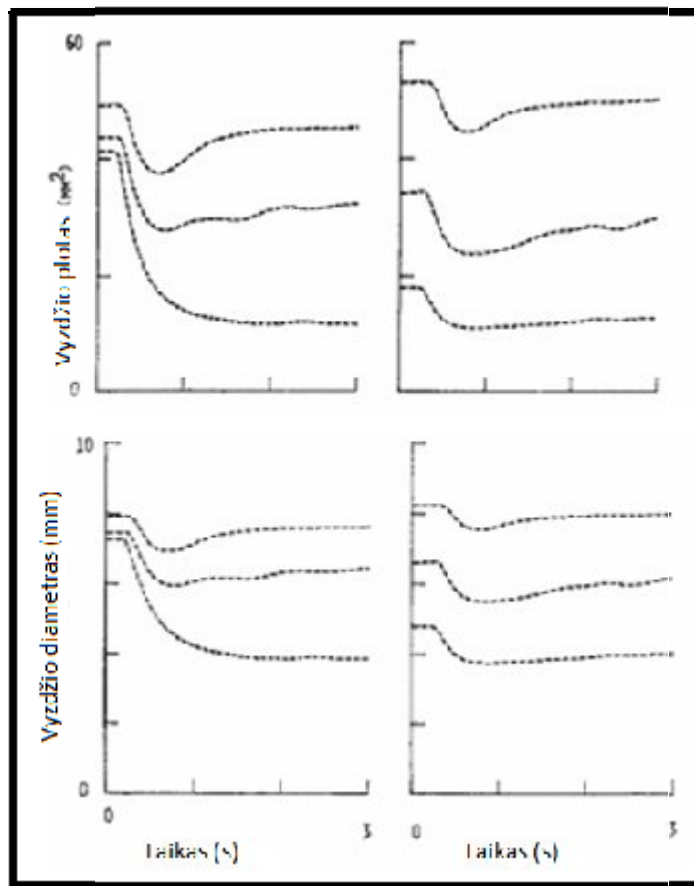
1.5 pav. Vegetacinė nervų sistema

Plečiamojo raumens reakcija kyla dėl simpatinės nervų sistemos veiklos, kuri kūne sukelia susijaudinimo reakcijas, pavyzdžiui, dažnina ir stiprina širdies susitraukimus, padidina kraujospūdį, išplečia vyzdį, atpalaiduoja krumplyno raumenį (lęšiukas suplokštėja ir akis prisitaiko tolimam matymui), pašiaušia plaukus (žąsies oda) ir kt. Simpatinės nervų sistemos centrai yra krūtininėje ir juosmeninėje nugaros smegenų dalyje, bet jiems daug įtakos turi įvairūs aukštesnieji centrai. Nervinių ląstelių grandine impulsai perduodami vyzdžio plėtimosi raumeniui. Kai žmogus miršta, jo smegenys nefunkcionuoja, todėl nevaldo parasimpatinės nervų sistemos ir vyzdys lieka išsiplėtęs. [17]

## 1.2. Akies vyzdžio diametro kontrolės sistema

### 1.2.1. Akies vyzdžio diametro valdymo sistema

Akies vyzdys yra labai jautrus šviesai. Atsiradus šviesai vyzdys staigiai susitraukia, o šviesai dingus, vyzdžio diameteras grįžta į pradinę padėtį (1.6 pav.). Ši vyzdžio savybė yra labai savotiška, tad stengiantis tai paaiškinti ir atkartoti, yra kuriami įvairūs modeliai.



1.6 pav. Akies vyzdžio diametro efekto reakcija



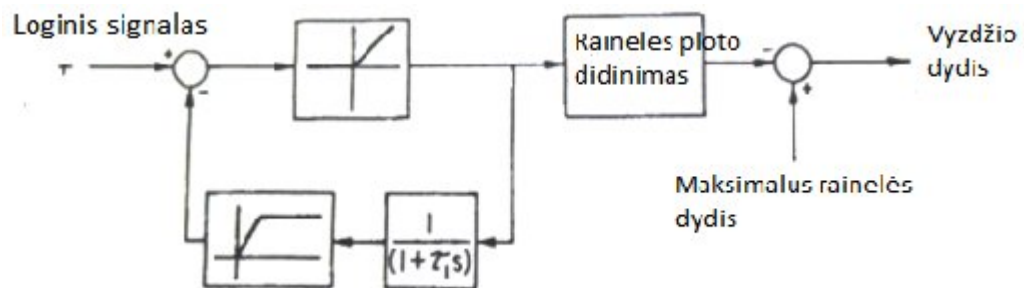
Vyzdžio reakcija į besikeičiančią šviesą yra priklausomas faktorius. Vyzdys išsiplėtęs, esant mažam šviesos srautui. Šviesos srautui padidėjus, įvyksta labai greita reakcija, ir akies vyzdys susiaurėja. Kuriam laikui praėjus, akies vyzdys grįžta į beveik pradinę padėtį (1.6 pav.). Ši reakcija vadinama vyzdžio išsigelbėjimas ( angl. Pupil escape). Jei šviesos jautrumas labai didelis, vyzdys labai susitraukia ir neatsistato į pradinę padėtį. Ši reakcija vadinama vyzdžio neatsistatymu (angl. Pupil capture). Jei šviesos jautrumas vidutinio stiprumo, vyzdys susitraukia ir labai lėtai išsiplėčia. [3, 4, 5]

Paveikslėlyje matome: kairysis grafas parodo vyzdžio pakitimą į šviesos skirtingą jautrumą tamsiame fone pagal plotą ir pagal skersmenį. Dešinysis grafas parodo vyzdžio pakitimą, esant panašiam kaip kairiame grafe šviesos jautrumui, skirtingame šviesos fone.

1985m. William C. Krenz ir Lawrence Stark pristatė netiesinį grįžtamojo ryšio modelį, kurio kompaktiškumas leidžia nuspėti galimą fiziologinį akies vyzdžio elgesį. Šiame darbe eksperimento tikslas buvo išsiaiškinti, kaip žmogaus akies vyzdys reaguoja į šviesą, bei kaip vyzdys atsistato į pradinę padėtį, kai šviesos stimuliacija nutraukiama. Taip pat siekta sukurti grįžtamojo ryšio modelį, kuris būtų tikslus, kaip ir akies reakcija į šviesą. [3]

Jie apibrėžė, vyzdžio reakcijos nesimetriškumą, įskaitant ir vyzdžio dydžio efektą. Priešingai nei kitos jutimo sistemos, vyzdžio dydžio kontrolės sistema yra vieno įėjimo ir vieno išėjimo. Šviesos įėjimas gali būti lengvai kontroliuojamas, o vyzdžio dydžio išėjimas, su dabartinėmis technologijomis, gali būti greitai ir neinvaziškai išmatuotas. [3]

William C. Krenz ir Lawrence Stark sudarė grįžtamojo ryšio modelį (1.7 pav.), kuris generuoja akies vyzdžio reakciją į šviesą. [3]



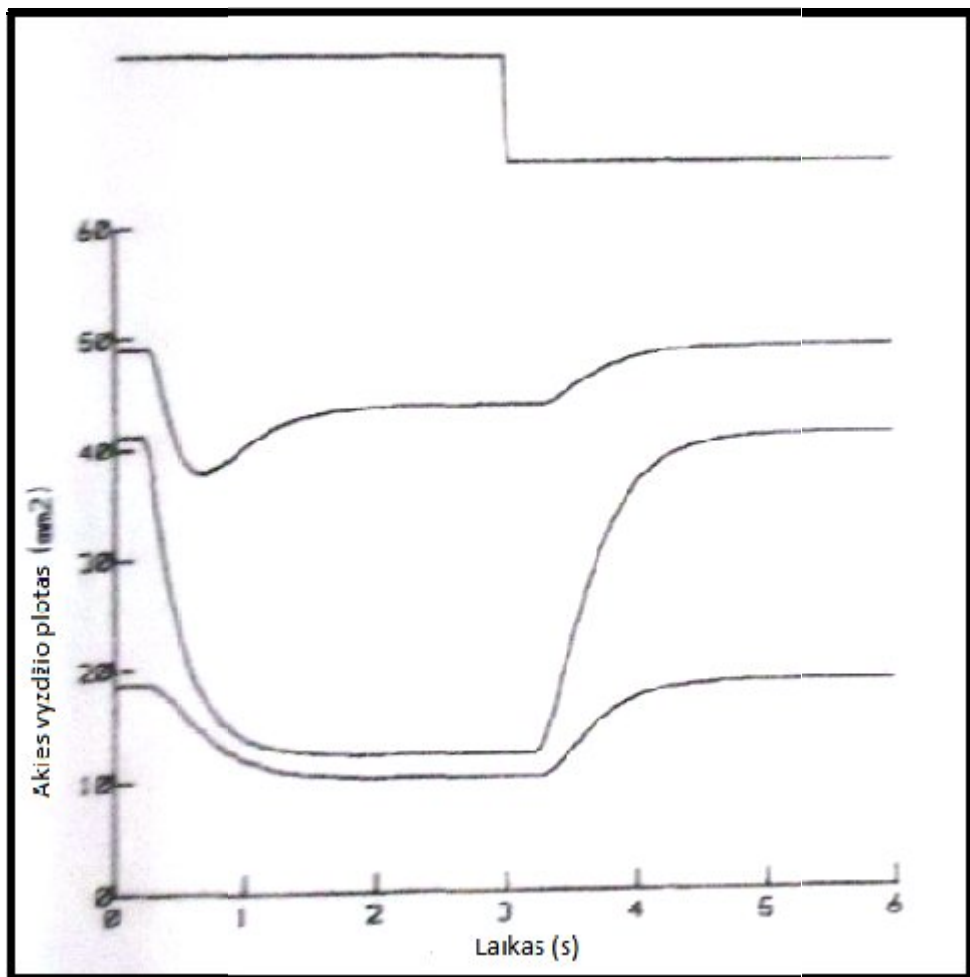
1.7 pav. Akies vyzdžio reflekso į šviesą modelis

Šis modelį sudaro: kontroliuojamas blokas, į kurį įeina lygintuvas su grįžtamojo ryšiu, raištelės dydį modeliuojantis blokas. Įėjime yra paduodamas šviesos logaritmo ir determinuoto akomodacijos lygio sumos signalas. Grįžtamojo ryšio takelyje signalas yra vėlinamas, išotinamas ir tada siunčiamas į lygintuvą. Čia yra gaunamas signalo netiesiškumas. Vėliau signalas yra modeliuojamas šios lygties:  $\exp(-Ts)/[(1 + \dots)(1 + \dots)]$ . [3]

Čia  $T$  yra vėlinimo konstanta ir  $T_1$ ,  $T_2$  yra laiko konstantos. Taip gaunamas rainelės dydžio signalas. Vėliau šis signalas yra atimamas iš viso galimo rainelės dydžio ir taip gaunamas akies vyzdžio dydis. [3]

Taigi, kai šviesos signalas žemas, grįžtamasis ryšys nedaro poveikio akies vyzdžiui ir jis nesikeičia. Kai šviesos signalas aukštas, grįžtamojo ryšio signalas didėja, ir tai turi įtakos akies vyzdžio diametro mažėjimui. Taip pat, kuo didesnis grįžtamojo ryšio signalas, tuo mažesnis grįžtamojo ryšio poveikis akies vyzdžio diametru.

William C. Krenz ir Lawrence Stark netiesinio grįžtamojo ryšio modelio gautas rezultatas pavaizduotas 1.8 paveikslėlyje. [3]



**1.8 pav.** Netiesinio grįžtamojo ryšio modelio gautas grafikas. Akies vyzdžio ploto priklausomybė nuo laiko, kai į modelio įėjimą paduodamas signalai loginis vienetas ir loginis nulis

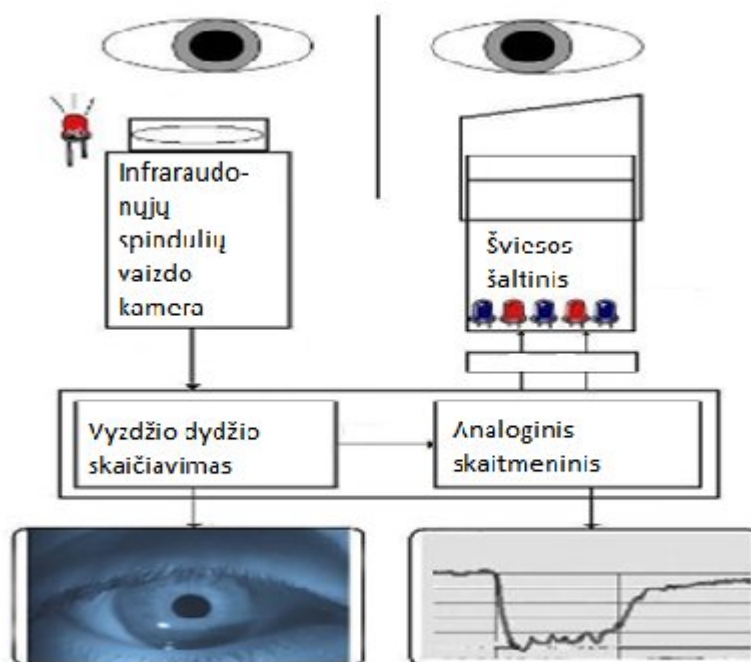
Kai į netiesinio grįstamojo ryšio modelio įėjimą paduodamas signalas loginis vienetas, tariamas akies vyzdžio plotas staigiai mažėja. Vėliau, į įėjimą padavus signalą loginį nulį taraimas akies vyzdžio plotas grįšta į beveik pradinę padėtį, kuris buvo prieš į įėjimą padavus signalą loginį vienetą.

### 1.2.2. Akies vyzdžio reakcija į skirtingo stiprumo šviesą

Akies sandara ir fiziologija yra labai sudėtinga. Tinklainė, esanti akies gale, yra sudaryta iš stiebelių ir kūgelių, kurie atsakingi už skirtingo ryškumo bei spalvų šviesos suvokimą. Nustatyta, kad į baltą ir spalvotą šviesas reaguoja skirtingos tinklainės dalys, ir nuo to, kokios spalvos šviesa ateina į akį, priklauso ir vyzdžio reakcija bei atsakas.

2011m. K. Herbst, B. Sander, D. Milea, H. Lund-Andersen ir A. Kawasaki pristatė automatinę kompiuterizuotą vyzdžio matuoklio sistemą (1.9 pav.), kuriame vyzdžio judesiai įrašinėjami skirtingais būdais, pasirenkant skirtingus bangų ilgius, ir tai yra metodai, nustatantys išorinės ir vidinės tinklainės funkcijas.[1]

Šiame darbe eksperimento tikslas buvo išsiaiškinti, kaip žmogaus akies vyzdys reaguoja į pasirinktos spalvos šviesą. Kadangi žinoma, kad akies tinklainėje esantys kūgeliai skiria raudoną mėlyną ir žalią šviesas, šiam metodui naudojamos būtent šių spalvų bangos.



1.9 pav. Akies vyzdžio dydžio matuoklio modelis

Jau daug metų akies vyzdžio refleksas į šviesą domina mokslininkus. Automatinės vyzdžio matuoklio kompiuterizuotos sistemos buvo sukurtos siekiant tiksliau kontroliuoti šviesos impulsus į

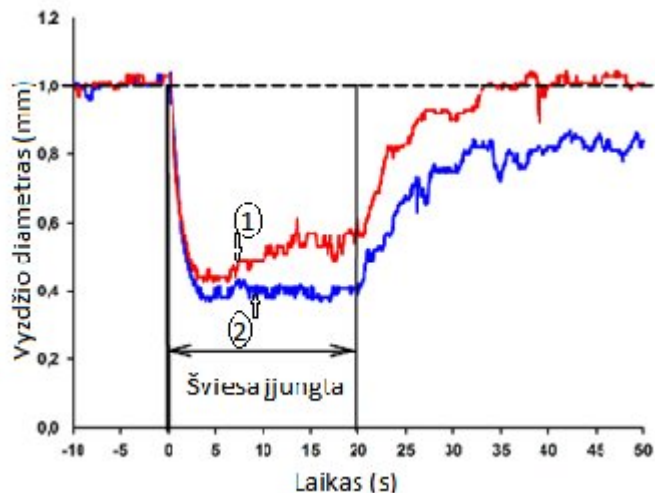
akį. Įvairiais būdais buvo įrašinėjami vyzdžio judesiai. Nustatyta, kad vyzdžio reakcija į pasirinktą bangos ilgio šviesos stimulą prieš pasirenkant ryškumą buvo apibrėžtas, kaip metodas, nustatantis išorinės ir vidinės tinklainės funkciją. Ši technika vis dar yra tobulinama ir kolkas nėra užbaigto projekto, kurį būtų galima naudoti medicinoje. Vienas iš modelių yra pavaizduotas (1.9 pav.), kurį pristatė K. Herbst, B. Sander, D. Milea, H. Lund-Andersen ir A. Kawasaki. [1]

Prototipas buvo nustatytas valdyti šviesos stimuliacijas prieš pasirenkant bangos ilgį virš diapazono stiprumo, kol įrašinėjamas vyzdžio vaizdas. Prietaisas sudarytas iš:

1. Perlenkto lempos pagrindo smakrui su galvos atlošu;
2. Šviesos šaltinio (mėlyni ir raudoni, atitinkamai 470nm ir 660nm bangos ilgio diodai, kurie skleidžia šviesą į akį per sklaidytuvą);
3. Sklaidytuvo;
4. Infraraudonųjų spindulių vaizdo kameros, kuri nenutraukiamai filmuoja akį ir vaizdą paduoda į vyzdžio ploto matavimo grandinę. Čia yra apskaičiuojamas vyzdžio plotas, kurio rezultatai siunčiami į keitiklį;
5. Monitoriaus, kuris leidžia matyti vyzdžio paveikslėlį ekrane;
6. Analoginio skaitmeninio keitiklio (analoginė išėjimo įtampa yra proporcinga vyzdžio plotui ir vyzdžio plotas verčiamas skersmens dydžiu su paprasta programine įranga).

Viskas sumontuota ant nešiojimo pagrindo. [1]

Vaizdo kamera nepertraukiamai įrašinėja akies vyzdžio duomenis. Šviesos šaltinis, susidedantis iš dešimties LED 950nm bangos ilgio, patalpintas taip, kad šviesos šaltinio maksimalus kontrastas būtų tarp vyzdžio ir rainelės. Bangos ilgis, jautrumas ir šviesos stimuliacijos laikas yra visiškai automatizuotas ir kontroliuojamas kompiuterio, kuris yra pajungtas prie vyzdžio įrašymo sistemos. Vaizdo signalai siunčiami į kontroliavimo lentą, kuri leidžia matyti operatoriui vyzdžio paveikslėlį ant ekrano realiu laiku įrašinėjo metu. Taip pat leidžia matyti vyzdžio dydžio matavimo langą. Langas leidžia pašalinti nereikalingus faktus. Ir tai iškart pasikeičia ekrane. Vaizdo kameros paveikslėlio rėmeliai skenuojami horizontalioje linijoje pikseliais 25 Hz dažniu. Signalas siunčiamas į skaitmeninį skaičiuoklį (vyzdžio ploto matavimo grandinę), kur jie yra susumuojami. Skaičiuoklis siunčia kiekvieno rėmelio rezultatus į skaitmeninį – analoginį keitiklį. Analoginio išėjimo įtampa iš skaitmeninio – analoginio keitiklio yra proporcinga vyzdžio plotui ir vyzdžio plotas verčiamas skersmens dydžiu su paprasta programine įranga. [1]



**1.10 pav.** Akies vyzdžio diametro priklausomybė nuo laiko, esant raudonai(1) arba mėlynai(2) šviesai

Maksimalus akies vyzdžio susitraukimas pasiekiamas per pirmąsias 5 sekundes po šviesos įjungimo. Mėlynos šviesos maksimalus amplitudės susitraukimas yra didesnis (470nm bangos ilgio) negu raudonos (660nm). Esant įjungtai šviesai akis prie raudonos šviesos pripranta ir vyzdžio dydis atsistatinėja, ko negalima pasakyti apie vyzdį, į kurį buvo nukreipta mėlyna šviesa. Po šviesos išjungimo akies vyzdžio dydis greitai atsistato į sau būdingą dydį esant raudonai šviesai. Prie mėlynos šviesos akies vyzdžio dydis negrįžta į sau būdingą dydį per pirmąsias 30 sekundžių.

### **1.3. Akies vyzdžio diametro pokyčio sąryšis su žmogaus psichofiziologine būseną**

Melas – tai sąmoningas veiksmas, kuriuo vienas žmogus klaidina kitą žmogų, be išankstinio perspėjimo apie savo tikslus. Jau ilgą laiką yra bandoma atpažinti meluojantį žmogų, ieškoma įvairių būdų melui perprasti. Tam tikslui pasiekti yra kuriami įvairūs prietaisai ir taikomi skirtingi metodai. Darbo tikslo siekiant buvo išanalizuota keletas panašių tyrimų, kurie leidžia detaliau nagrinėti akies vyzdžio pokyčius.

#### **1.3.1. Melo detektorius**

1906m. Didžiosios Britanijos širdies chirurgas dr. James Mackenzie sukonstravo savo pirmąjį poligrafą (1.11 pav.), kuriuo buvo galima raštu ant popieriaus fiksuoti žmogaus fiziologinių funkcijų pokyčius. James Mackenzie klinikinį rašalinį poligrafą sudaro: dvi membranos, dvi guminės šlangutės, dvi judesio plokštelės, ir popieriaus lapas. Viena judesio plokštelė yra uždedama ant riešo arterijos, kita ant kaklo venos. Jos reaguoja į pulsą ir per gumines šlangutes yra perduodamas pulso dažnis į membranas. Susitraukdamos ir išsiplėsdamos membranos brėžia

kreives ant popieriaus lapo priklausomai nuo pulso. Žmogui meluojant (pasikeitus jo psichologiniai būklei) kreivė ant popieriaus kardinaliai pasikeičia. [10, 11]



**1.11 pav.** James Mackenzie poligrafas

Vėliau, kanadiečių psichologas Johnas A. Larsonas ir Leonarde Keeler pristatinėjo patobulitus poligrafus, kurie galėjo išmatuoti ne tik kraujospūdį ar pulsą, bet ir kojos ar rankos refleksus, bei kvėpavimą. [10, 11]

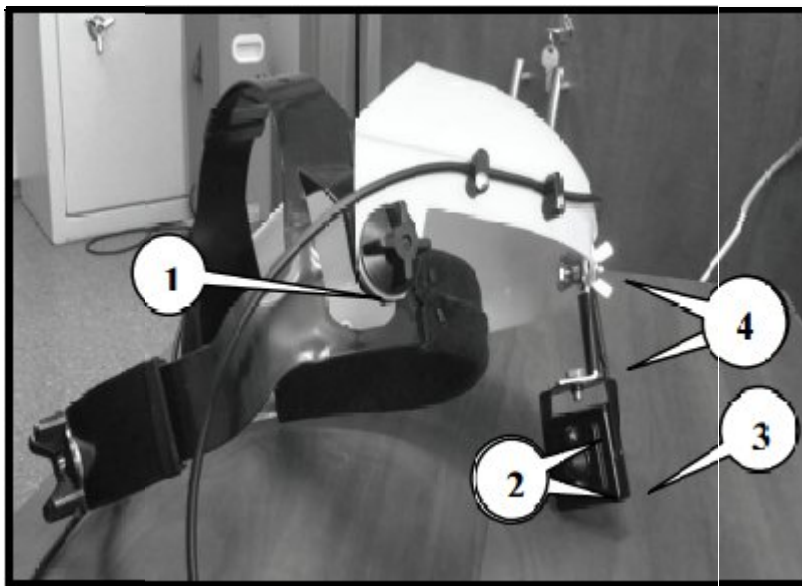
Šiais laikais testas melo detektoriumi atliekamas taip: prie rankos pritvirtinamas daviklis, matuojantis širdies ritmą ir kraujo spaudimą; du lankstūs plastikiniai vamzdeliai, vadinami pneumografais, kuriais stebimas kvėpavimas, apvyniojami aplink kūną ties juosmeniu ir krūtine. Galvanometras matuoja prakaitavimą ir siunčia elektros srovę tarp dviejų plokštelių, pritvirtintų ant pirštų galiukų. Kuo labiau prakaituota oda, tuo ji laidesnė elektrai. Visi duomenys siunčiami į kompiuterį ir pateikiami grafiškai. [12]

### **1.3.2. Akies vyzdžio pokytis pasikeitus žmogaus emocinei būsenai**

Tarpusavio priklausomybė tarp psichoemocinės būsenos ir suvokiamumo, arba emocinio stimulo, ir akies vyzdžio diametro svyravimo yra žinoma nuo seniausių laikų. Pastaraisiais metais mokslininkai atliko tyrimus, naudodami kompiuterizuotus matavimo prietaisus. Jų metu stebėjo tarpusavio priklausomybę tarp psichoemocinės būklės ir akies vyzdžio dydžio.

2011m. A. Vlasenko, A. Kaklauskas, E. K. Zavadskas atliko tyrimą, kurio metu buvo analizuojamas vyzdžio pasikeitimas, atsirandantis dėl studento reakcijos į atitinkamą klausimą. Buvo sukurtas akies paveikslėlio fiksavimo įrenginys (1.12 pav.), kurį sudaro specialus šalmas, turintis vaizdo kamerą, iš kurios gaunamas akies paveikslėlis. Šalmas yra tvirto tipo, stabilus ant galvos. Keturi reguliuojami varžteliai leidžia tinkamai sureguliuoti šalimą, kad būtų galimybė

tinkamai paimti akies paveikslėlį. Du infraraudonųjų spindulių diapazono šviesos diodai įmontuoti taip, kad jie užtikrintų tinkamą objekto apšvietimą. [2]

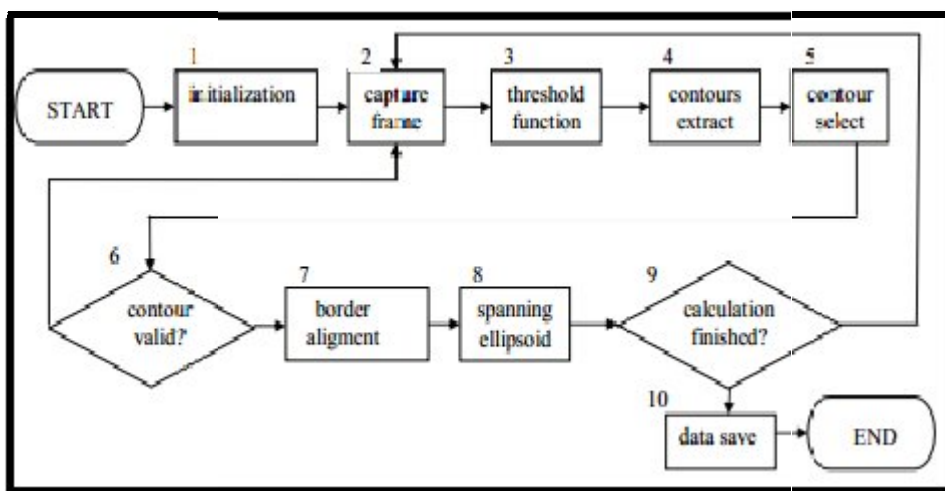


**1.12 pav.** Akies paveikslėlio fiksavimo įrenginys: 1.Šalmas 2.Infraraudonųjų spindulių šviesos diodai 3.Vaizdo kamera 4.Regulatorius

Tyrimo metu studentų akių vaizdai buvo apdorojami programinės įrangos pagalba (1.13 pav.). Vaizdo apdorojimo programinės įrangos schemą sudaro dešimt paketų:

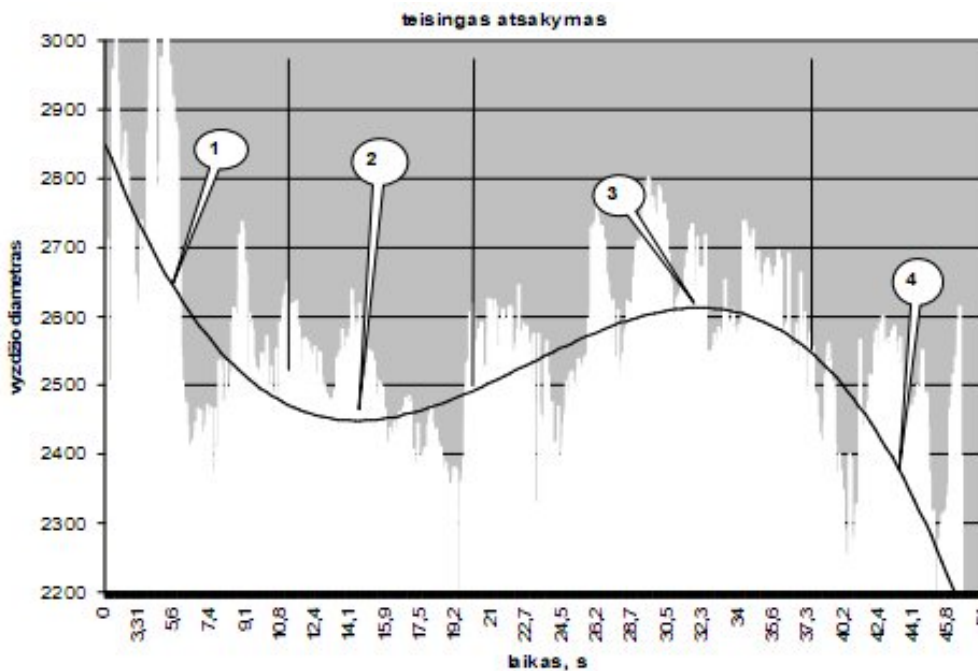
- 1) Pirminis besikeičiantis vyzdžio atpažimas;
- 2) Rėmelio fiksavimas;
- 3) Apskaičiuojama paveikslėlio riba;
- 4) Išgaunama nuoseklių taškų kontūras;
- 5) Išgaunama kontūro forma;
- 6) Sprendžiama, ar kontūras yra tinkamas;
- 7) Skaičiuojamas kontūro masės centras;
- 8) Taikomas mažiausio kvadrato metodas;
- 9) Vartotojo apsisprendimas ar vyzdžio plotą baigti skaičiuoti ar pakartoti skaičiavimą;
- 10) Duomenų saugojimas.

Paimtas paveikslėlis siunčiamas į kompiuterį per USB įėjimą. Čia vyzdžio zona stebima, apskaičiuojama vyzdžio centro koordinatės, vyzdžio diametras, laikas. Visi rezultatai saugojami duomenų bazėje. Tuo pačiu metu išsaugomi klausimo pasirodymo laikas ir klausimo atsakymo laikas. Kiekvienas klausimas turėjo tris - keturis atsakymus. Atsakymai buvo tikrinami su true/false sistema. Kompiuteris pagal šia informaciją sudaro diagramą. [2]



1.13 pav. Vaizdo apdorojimo programinės įrangos schema

Tyrimo rezultatai pateikiami diagramose (1.14 ir 1.15 pav.). Priklausomai nuo kreivių formos, sudarytos diagramos gali būti 2 tipų. Pirmoji diagrama (1.14 pav.) atitinka teisingus studentų atsakymus. Tokios diagramos gali būti pritaikytos 167 iš 246 (68 %) teisingiems atsakymams. Antroji diagrama (1.15 pav.) naudojama neteisingiems atsakymams išreikšti. Tokios diagramos gali būti pritaikytos 86 iš 120 (72 %) neteisingiems atsakymams. [2]

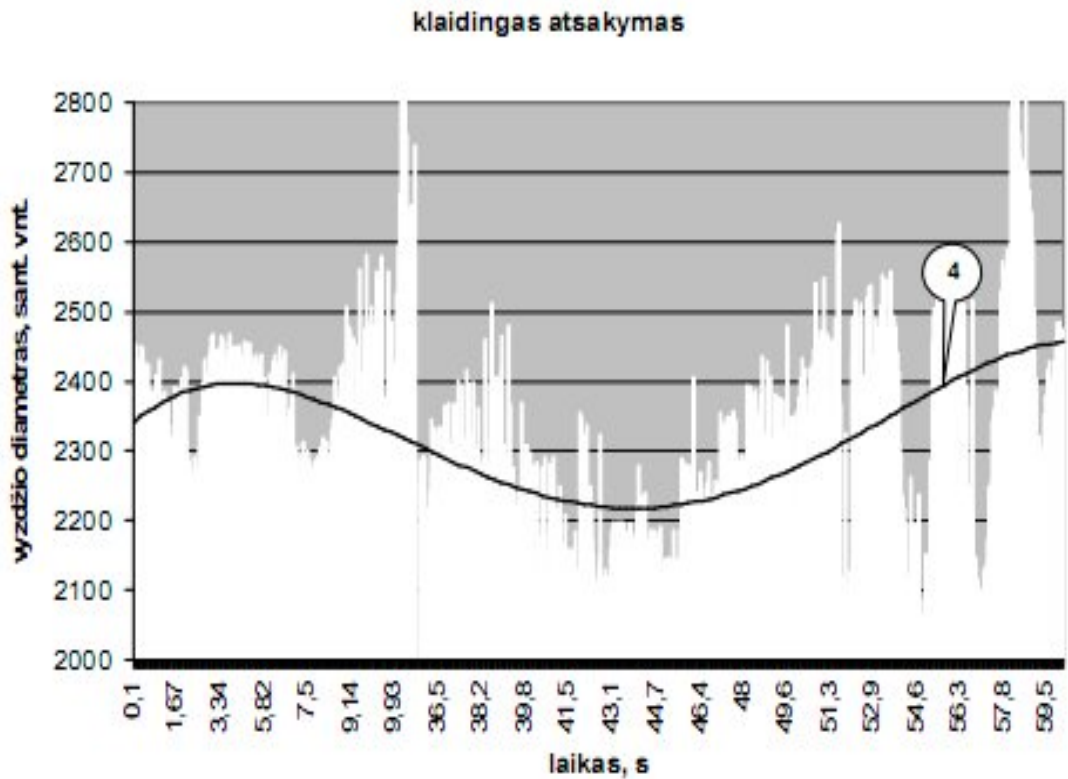


1.14 pav. Vyzdžio diametro ir laiko tarpusavio priklausomybės diagrama, nustatyta per 50 sekundžių nuo klausimo pateikimo ekrane, kai studentas pateikia teisingą atsakymą



Diagrama suskirstyta į keturias zonas:

- 1 zona – klausimo „skaitymas”,
- 2 zona – „supratimas ”,
- 3 zona – klausimo „apmąstymas”,
- 4 zona – atsakymas į klausimą.



**1.15 pav.** Vyzdžio diametro ir laiko tarpusavio priklausomybės diagrama, nustatyta per 35 sekundes nuo klausimo pateikimo ekrane, kai studentas pateikia klaidingą atsakymą. 4 zona – atsakymas į klausimą

Studentų reakcija per pirmąją minutę po klausimo pateikimo ekrane gali būti išskirstyta į kelias dalis (1.14 pav.): pirmoji – klausimo skaitymas, antroji - supratimas, trečioji –reakcija ir ketvirtoji – atsakymas. Jei studentui iškilo sunkumų atsakant į klausimą, 4 zona vaizduoja nežymius vyzdžio diametro svyravimus. Tačiau, jei studentas žino teisingą atsakymą, jo vyzdžio diametras sumažėja iki 2 fazės vyzdžio dydžio. [2]

Rezultatai matomi iš diagramų, kurios parodo tiriamojo vyzdžio reakciją į perskaitytą klausimą per pirmąją minutę, kai tiriamasis žino atsakymą arba ne. Jei po pirmosios minutės jis atsakymą žino, vyzdys susitraukia. Jei po pirmosios minutės jis atsakymo nežino, vyzdys išlieka išsiplėtęs.  
[2]

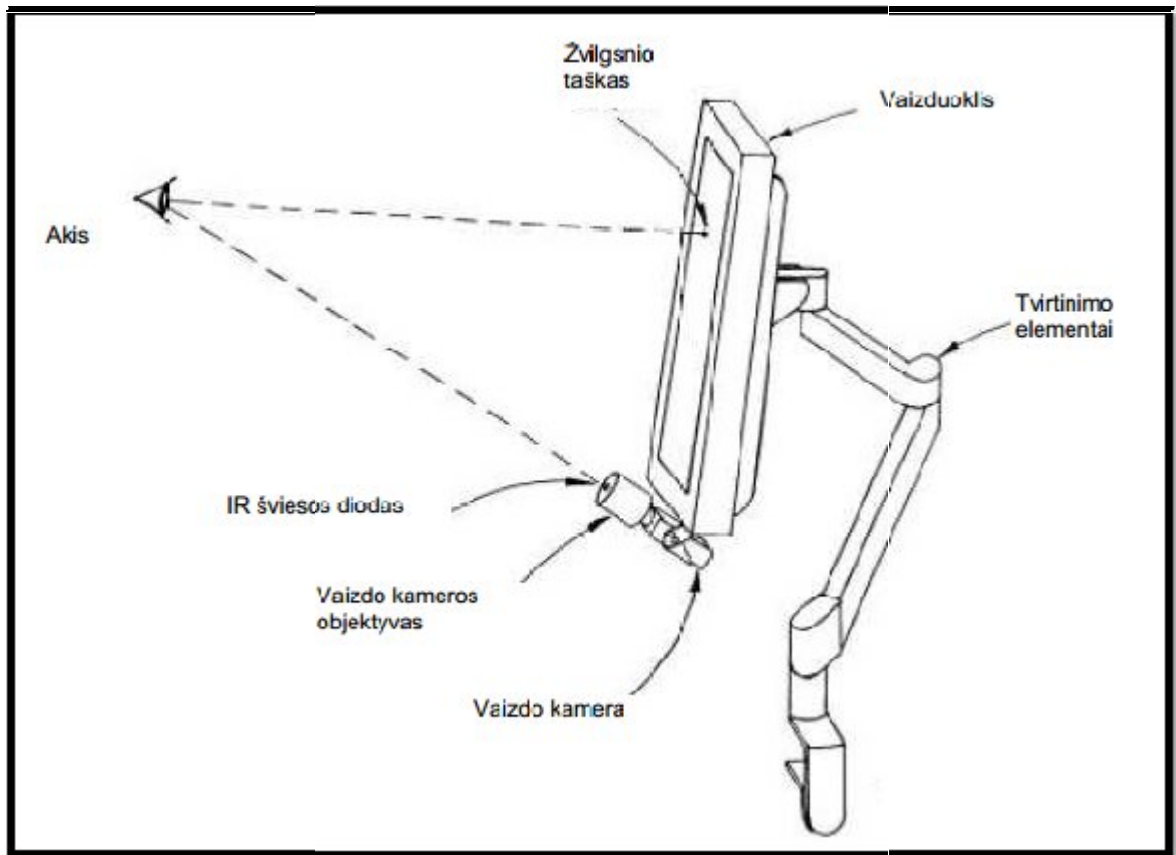
Jei yra pateikiamas neteisingas atsakymas, o vyzdžio reakcija yra tokia, tarsi tai yra teisingas atsakymas, tai reiškia, kad studentas, pateikdamas neteisingą atsakymą, yra isitikinęs jo teisingumu.[2]

## 2.EKSPERIMENTINIO TYRIMO ĮRANGA IR METODIKA

### 2.1. Akių judesių sekimo įrenginys Eyegaze System

#### 2.1.1. Akių judesių sekimo įrenginio Eyegaze System techninė įranga ir jos kalibravimas

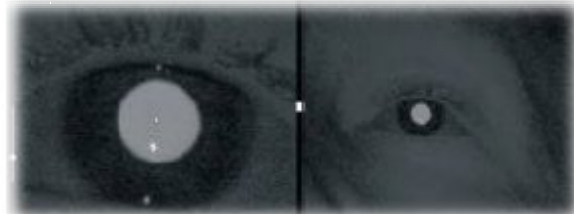
Tiriamųjų akių vyzdžių dydis visuose bandymuose buvo registruojami naudojant LC Technologies, Ltd sukurta akių judesių sekimo sistema EyeGaze System (2.1 pav.). Šią sistemą sudaro dvi kameros, kurios yra pritvirtintos monitoriaus apačioje, jos yra reguliuojamos, t.y. galima pakelti arba nuleisti, pasukti į vieną kampą arba į kitą, kad būtų galima sukalibruoti žmogaus žvilgsnį. Kameros centre yra nedidelis, mažos galios infraraudonųjų spindulių diodas, kuris apšviečia akį. Kompiuteryje įmontuota vaizdo įvedimo plokštė. [6]



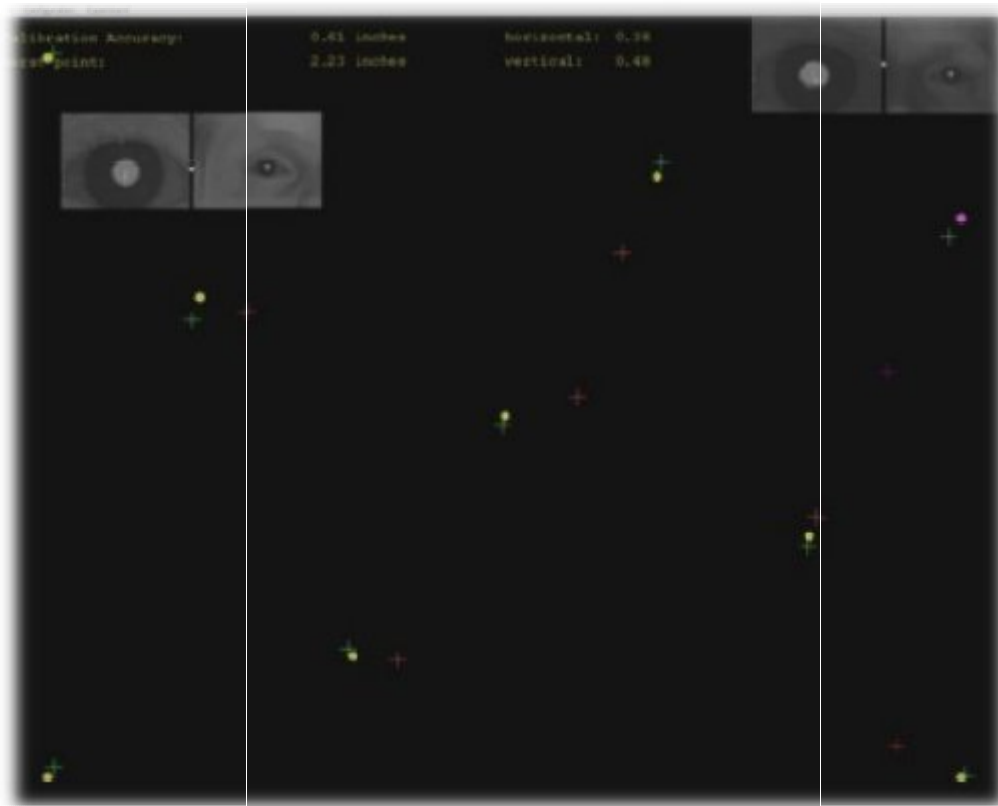
2.1 pav. Eyegaze sistemos techninė įranga

Kiekvienas kadras yra apdorojamas vaizdų apdorojimo programine įranga. Pirmiausia surandamas vyzdys ir ragenos atšvaitas. Prieš atliekant eksperimentus su šia sistema būtina ją sukalibruoti. Tai daroma tiriamajam atsisėdus prieš 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 (2.2 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 (2.3 pav.). Tinkamai sukalibravus taškai dingsta, jei kalibravimas nepavyksta viskas kartojasi iš naujo. Tinkamai sukalibravus prietaisą galima pradėti tyrimą. [6]



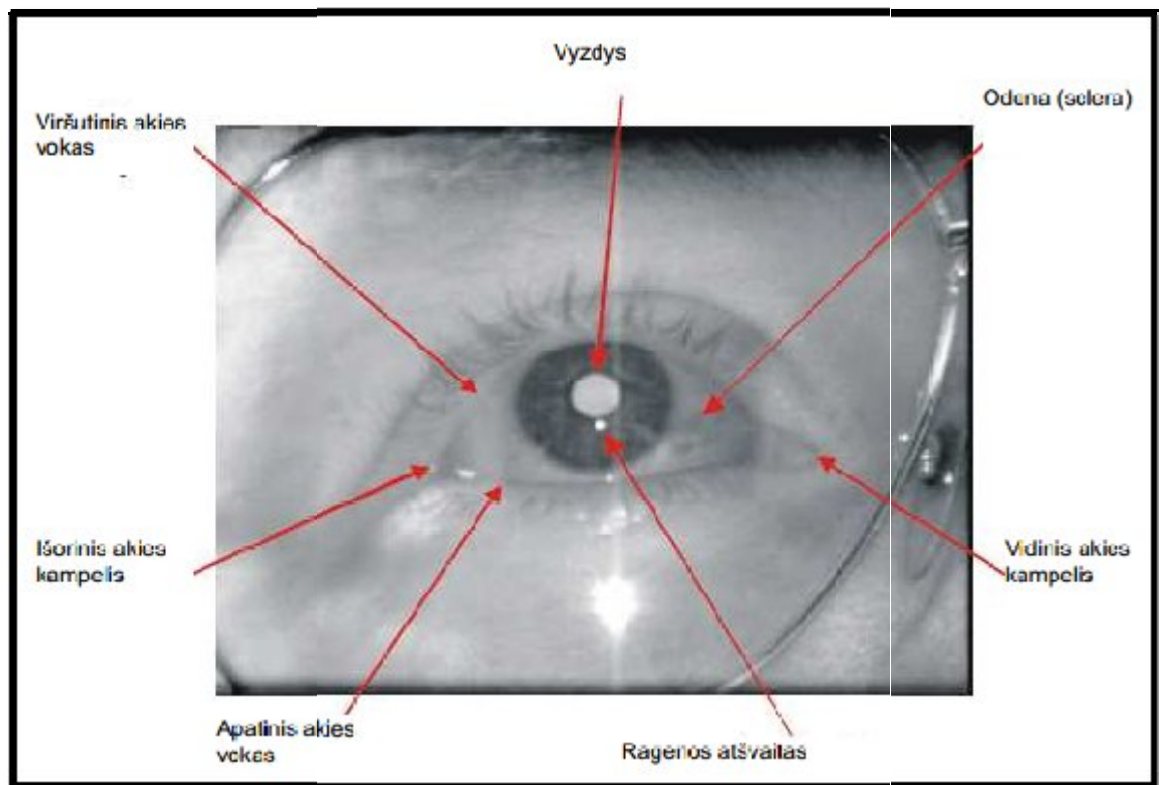
**2.2 pav.** Akies vaizdas gaunamas LC Technologies sistema



**2.3 pav.** Kalibravimo vaizdas ekrane

### 2.1.2. Akių judesių sekimo įrenginio Eyegaze System akies vyzdžio diametro skaičiavimas

Vaizdo kameros matomas akių sistemos vaizdas pavaizduotas (2.4 pav). Ragenos atspindžio vaizdas matomas dėl diodo šviesos, atspindinčios nuo ragenos paviršiaus. Ryškus šviesus vyzdys gaunasi dėl infraraudonųjų spindulių diodo šviesos, atspindėjusios nuo tinklainės ir grįžtančios atgal per vyzdį link diodo. Vaizdo kamera mato šviesą, grįžtančią iš vyzdžio link diodo, kadangi diodas yra sumontuotas kameros optinės sistemos centre (jei jis būtų ne centre tai vyzdys atrodytų tamsus). Akių sekimo sistema naudoja šviesaus vyzdžio efektą vaizdo apdorojimo tikslumui pagerinti.[6]



2.4 pav. vaizdo kameros fiksuojamas vaizdas

Akies vyzdžio diameteras yra išmatuojamas iš kameros akies vyzdžio paveikslėlio. Vyzdžio diameteras yra išreiškiamas milimetrais. [6]

Su akies vaizdo sekimu, akies vyzdžio centras nėra tiesiogiai išmatuojamas iš akies kameros paveikslėlio, nes vyzdys yra už akies ragenos paviršiaus ir tai nėra tikslus būdas. Kai akis pažiūri šalin nuo kameros, išsilenkusi ragena skirtingai laužia atspindžius iš vyzdžio. Vyzdžio kraštai nekoncentruotai juda aplink teisingo vyzdžio centro tašką ir net jeigu teisingas vyzdys yra stacionarus. Akies vyzdžio centras yra apskaičiuojamas pagal fizinės akies vyzdžio kraštus. [6]

Jeigu besikeičiantis vyzdžio diametras nėra aiškiai matomas, žvilgsnio taško skirtumas gali būti iki 0,5 colio, kaip vyzdžio dydis skiriasi tarp 3,5 ir 7 mm. Eyegaze sistema turi ragenos refrakcijos kompensacinę logiką, tam kad sumažinti Eyegaze sistemos skaičiavimo klaidas, atsirandančias iš įvairaus vyzdžio diametro.[6]

## **2.2. Ekspermentų tyrimų metodikos**

Eksperimentai buvo atliekami įtaisu Eyegaze System ir Microsoft office Exel programa. Ekspermento metu tiriamųjų akių vyzdžiai buvo filmuojami 60Hz dažnio kamera. Eksperimentai buvo atliekami su keturiais tiriamaisiais.

### **2.2.1. Ekspermentas 1: akies vyzdžio diametro pokytis į skirtingos šviesos stiprumą**

Eksperimento tikslas nustatyti žmogaus akies vyzdžio diametro kitimo priklausomybę nuo skirtingo stiprumo šviesos, tam buvo panaudoti mėlynos ir raudonos spalvos filtrai.

Eksperimentas buvo atliekamas su specialiu prožektoriumi, turinčiu mėlynos ir raudonos spalvos filtrus (2.5 pav.).



**2.5 pav.** Prožektorius su mėlynos ir raudonos spalvos filtrais, kuriuo buvo apšviečiama tiriamojo akis

Eksperimento metu tiriamųjų vienos akies vyzdžiai buvo filmuojami 20 sekundžių 60Hz dažnio kamera. Į kitą tiriamojo vyzdį buvo nukreipiama šviesa su skirtingos spalvos filtru ties 4 sekunde

Ties 9 sekunde šviesa išjungžiama ir vėliau 11 sekundžių buvo fiksuojamas akies vyzdžio diametras Eyegaze System įranga.

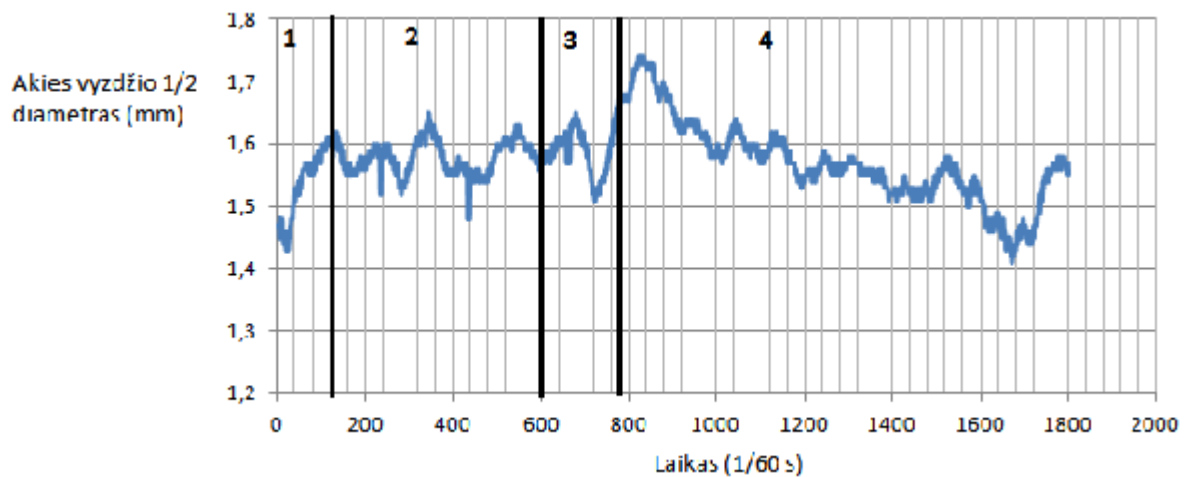
### **2.2.2. Ekspermentas 2: akies vyzdžio pokytis tiriamajam žinant ir nežinant atsakymo į klausimą**

Ekspermento tikslas nustatyti akies vyzdžio dydžio pokytį žmogui sutrikus, tai yra nežinant atsakymo į klausimą, ir žmogui atsipalaidavus - žinant atsakymą į klausimą.

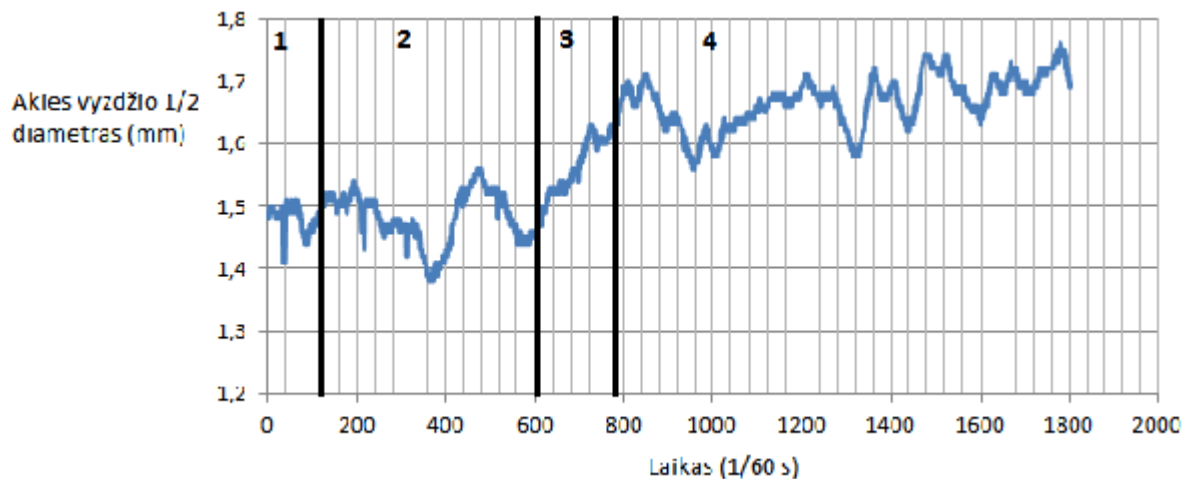
Ekspermento metu tiriamųjų akių vyzdžiai buvo filmuojami 30 sekundžių 60Hz dažnio kamera. Ties 10 sekunde buvo užduodamas klausimas, į kurį tiriamasis turėjo atsakyti taip arba ne. Tiriamiesiems buvo užduodama 10 klausimų. Penki klausimai buvo paruošti sudėtingi, į kuriuos buvo manoma, kad tiriamieji nežinos teisingo atsakymo. Kiti penki klausimai buvo pasirenkami lengvi, į kuriuos buvo manoma, kad tiriamieji turėtų žinoti teisingą atsakymą. Dešimt klausimų, kurie buvo užduodami:

- 1) Ar tiesa, kad vieneriuose metuose yra 12 mėnesių ?
- 2) Ar tiesa, kad Žalgirio mūšis įvyko 1410m. ?
- 3) Ar tiesa, kad Elando sala yra Viduržiamio jūroje ?
- 4) Ar tiesa, kad Lietuva priklauso Europos Sąjungai ?
- 5) Ar tiesa, kad Vilnius yra Lietuvos sostinė ?
- 6) Ar tiesa, kad miestas Latina yra Italijoje ?
- 7) Ar tiesa, kad valstybė Urugvajus yra suskirstytas į 19 departamentus?
- 8) Ar tiesa, kad šiais metais Rugsėjo 4 diena bus trečiadienis?
- 9) Ar tiesa, kad vieną valandą sudaro 60 minučių ?
- 10) Ar tiesa, kad karvės stuburas sudarytas iš 12 slankstelių ?

Vienam klausimui pasiruošti, jį išklaudyti ir atsakyti duota 30 sekundžių. Akies vyzdžio pokyčio kreivė tiriamajam žinant atsakymą į klausimą (2.6 pav.) ir tiriamajam nežinant atsakymo į klausimą (2.7 pav.).



**2.6 pav.** Akies vyzdžio pokytis eksperimento metu tiriamajam žinant atsakymą į klausimą



**2.7 pav.** Akies vyzdžio pokytis eksperimento metu tiriamajam nežinant atsakymo į klausimą

Per pirmąsias 10 sekundžių tiriamasis privalėjo žiūrėti į juodą monitoriaus ekrano foną, tam kad, nustatyti tiriamojo akies vyzdžio dydžio vidurkį prieš tiriamajam išgirstant klausimą (2.7 pav. 1 ir 2 plotai). 1 plotas, tai tiriamojo vyzdžio pasikeitimas pasikeičiant monitoriaus ekrano fonui. Pasikeičiant ekrano fonui akies vyzdį pasiekia mažas šviesos srautas, kurio dėka vyzdžio dydis sumažėja. Vėliau vyzdys atsistato į būdingą padėtį. Po 10 sekundės užduodamas klausimas tiriamajam. Kiekvieno klausimo perskaitymas trunka iki 3 sekundžių (2.7 pav. 3 plotas). Po klausimo tiriamojo akies vyzdys dar yra fiksuojamas 20 sekundžių ir skaičiuojamas tiriamojo akies dydžio vidurkis. Tiriamųjų akių vyzdžių diametro vidurkiai prieš klausimui pasirodžius (2.7 pav. 2 plotas) ir po klausimo uždavimo (2.7 pav. 4 plotas) yra skaičiuojamas jų skirtumas. Vėliau šie dešimties klausimų skirtumai yra lyginami ir skaičiuojamas jų vidurkis.

Taigi, jei šis antrojo ir ketvirtojo ploto akies vyzdžio diametro skirtumas bus didesnis už dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmę, tai bus galima manyti, kad tiriamasis nežinojo



teisingo atsakymo į klausimą. Jei antrojo ir ketvirtojo ploto akies vyzdžio diametro skirtumas bus mažesnis už dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmę, tai bus galima manyti, kad tiriamasis žinojo teisingą atsakymą į klausimą.

### 2.2.3. Eksperimentas 3: akies vyzdžio pokytis tiriamajam meluojant

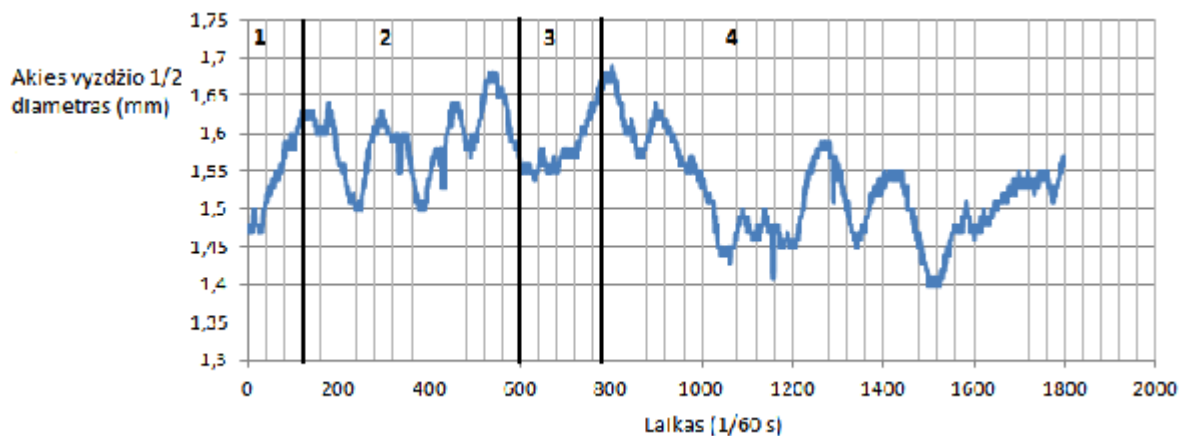
Eksperimento tikslas nustatyti akies vyzdžio pokytį žmogui meluojant.

Prieš eksperimentą buvo sudaroma tokia situacija: tiriamasis paima daiktą, kurį randa kuprinėje. Vėliau tiriamasis pasodinamas prieš įrangą Eyegaze System. Tiriomojo tikslas išsisukti, pameluoti, kad ne jis paėmė tą daiktą iš kuprinės.

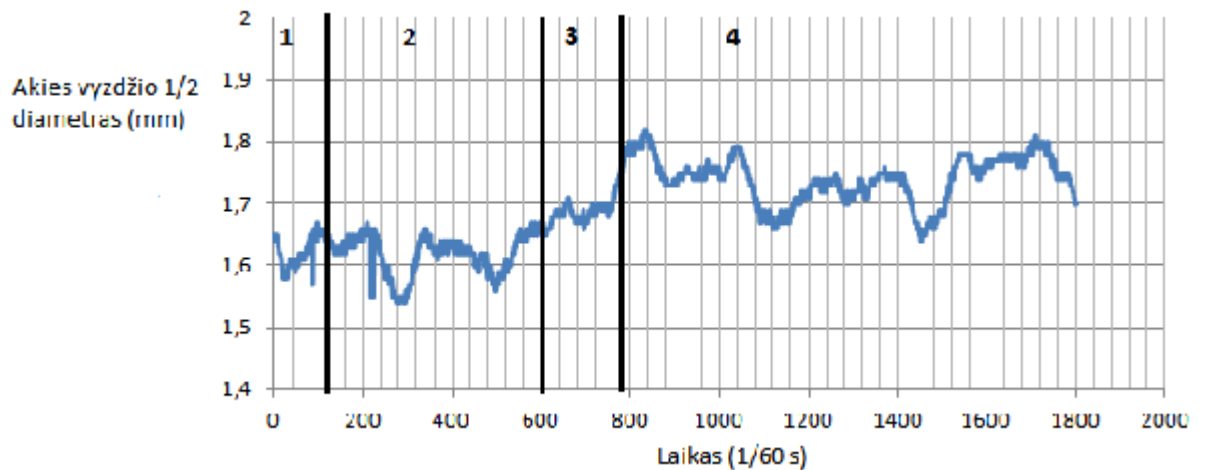
Eksperimento metu tiriamųjų akių vyzdžiai buvo filmuojami 30 sekundžių 60Hz dažnio kamera. Ties 10 sekunde tiriamasis klausė klausimo. Buvo užduodama dešimt klausimų:

- 1) Ar tiesa, kad iš kuprinės paėmei žirkles ?
- 2) Ar tiesa, kad iš kuprinės paėmei vaistus ?
- 3) Ar tiesa, kad iš kuprinės paėmei lipnią juostelę ?
- 4) Ar tiesa, kad iš kuprinės paėmei piniginę ?
- 5) Ar tiesa, kad iš kuprinės paėmei nuotrauką ?
- 6) Ar tiesa, kad iš kuprinės paėmei knygą ?
- 7) Ar tiesa, kad iš kuprinės paėmei kvepalus ?
- 8) Ar tiesa, kad iš kuprinės paėmei raktus ?
- 9) Ar tiesa, kad iš kuprinės paėmei parkerį ?
- 10) Ar tiesa, kad iš kuprinės paėmei šaliką ?

Trys klausimai buvo apie paimtus daiktus, kiti septyni tam, kad pamatyti akies vyzdžio pokyčių skirtumus meluojant ir nemeluojant. Vienam klausimui pasiruošti, jį perskaityti ir atsakyti duota 30 sekundžių. Akies vyzdžio pokyčio kreivė eksperimento metu tiriamajam nemeluojant (2.8 pav.) ir tiriamajam meluojant (2.9 pav.).



2.8 pav. Akies vyzdžio dydžio pokytis eksperimento metu tiriamajam nemeluojant



**2.9 pav.** Akies vyzdžio dydžio pokytis eksperimento metu tiriamajam meluojant

Per pirmąsias 10 sekundžių tiriamasis privalėjo žiūrėti į juodą monitoriaus ekrano foną tam, kad nustatyti tiriamojo akies vyzdžio dydžio vidurkį prieš tiriamajam išgirstant klausimą (2.9 pav. 1 ir 2 plotai). 1 plotas, tai tiriamojo vyzdžio pasikeitimas pasikeičiant monitoriaus ekrano fonui. Pasikeičiant ekrano fonui akies vyzdį pasiekia mažas šviesos srautas, kurio dėka vyzdžio dydis sumažėja. Vėliau vyzdys atsistato į būdingą padėtį. Po 10 sekundės užduodamas klausimas tiriamajam. Kiekvienam klausimui trunka iki 3 sekundžių (2.9 pav. 3 plotas). Po klausimo tiriamojo akies vyzdys dar yra fiksuojamas 20 sekundžių ir skaičiuojamas tiriamojo akies dydžio vidurkis. Tiriamųjų akių vyzdžių diametro vidurkiai prieš klausimui pasirodžius (2.9 pav. 2 plotas) ir po klausimo uždavimo (2.9 pav. 4 plotas) yra skaičiuojamas jų skirtumas. Vėliau šie dešimties klausimų skirtumai yra lyginami su antrojo eksperimento klausimų skirtumais. Nustatyta tam tikro tiriamojo dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė.

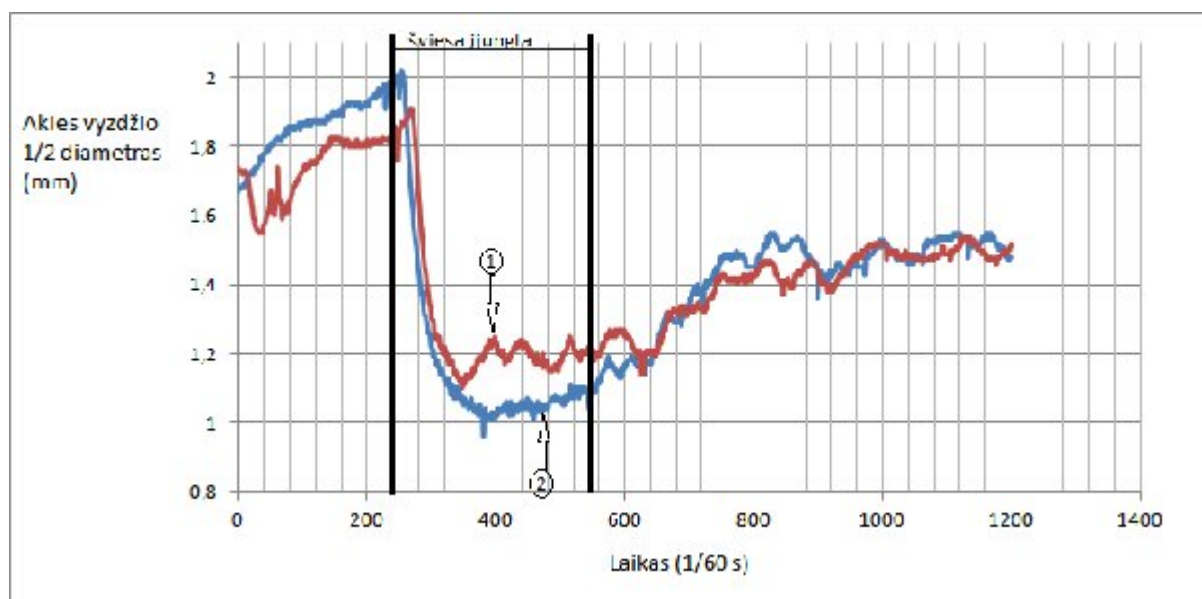
Taigi, jei šis antrojo ir ketvirtojo ploto akies vyzdžio diametro skirtumas bus didesnis už antrojo eksperimento nustatyta tam tikro tiriamojo dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmę, tai bus galima manyti, kad tiriamasis melavo. Jei antrojo ir ketvirtojo ploto akies vyzdžio diametro skirtumas bus mažesnis už antrojo eksperimento nustatyta tam tikro tiriamojo dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmę, tai bus galima manyti, kad tiriamasis nemelavo.

### 3.EKSPERIMENTŲ TYRIMŲ REZULTATAI

Ekspperimentų rezultatai buvo gauti ir apdorojami įtaisais Eyegaze System ir Microsoft office Exel programa. Ekspperimento metu tiriamųjų akių vyzdžiai buvo filmuojami 60Hz dažnio kamera.

#### 3.1. Akies vyzdžio diametro pokytis į skirtingo stiprumo šviesą ekspperimento rezultatai

Ekspperimento tikslas nustatyti žmogaus akies vyzdžio diametro kitimo priklausomybę nuo mėlynos ir raudonos šviesos.

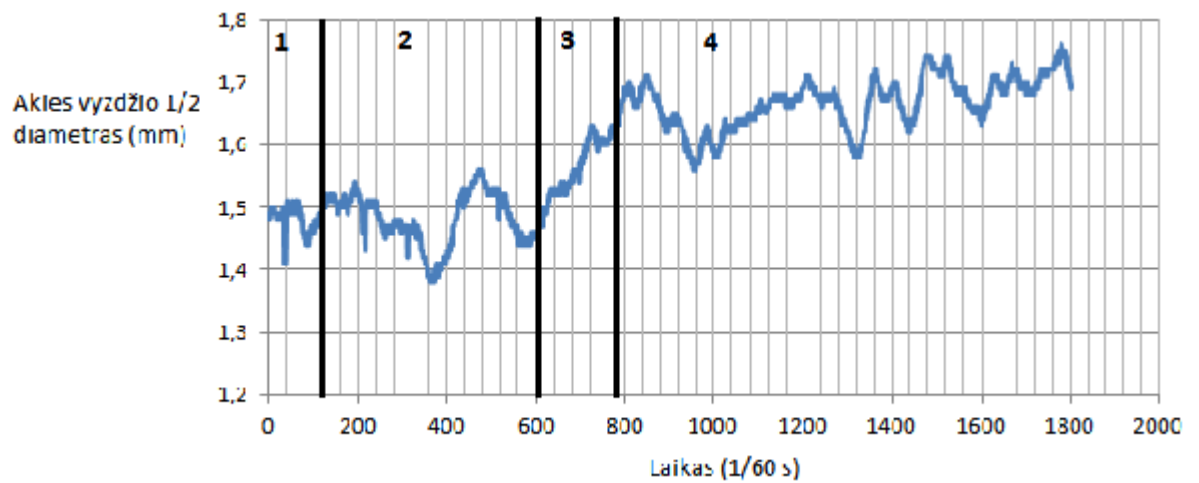


3.1 pav. Akies vyzdžio diametro priklausomybė nuo laiko, esant įjungtai raudonai(1) arba mėlynai(2) šviesai

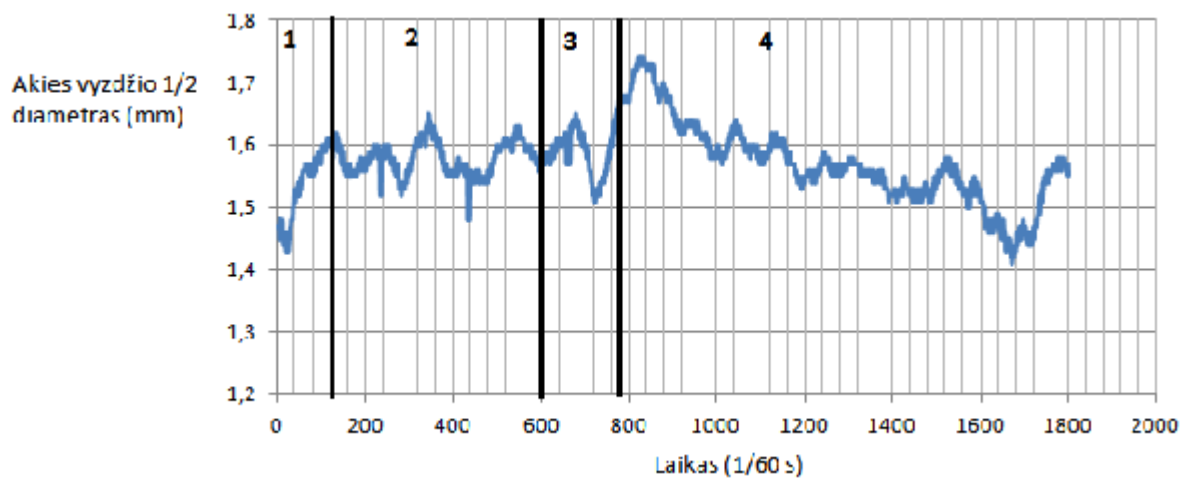
Įjungus šviesą, akies vyzdys staigiai susiaurėja. Apšviečiant akį mėlyna šviesa, akies vyzdys susiaurėja labiau negu akis apšviečiama raudona šviesa. Išjungus šviesą, akies vyzdys išlėto plečiasi ir atsistato į beveik pradinę padėtį, kuri buvo prieš pradedant šią simuliaciją. Pirmąsias keturias sekundes akies vyzdžio diameteras didėjo, nes pradėjus šią simuliacija monitoriaus ekrano fonas pasikeisdavo į tamsų.

#### 3.2. Akies vyzdžio diametro pokyčio ekspperimento rezultatai tiriamajam žinant ir nežinant atsakymo į klausimą

Ekspperimento tikslas nustatyti akies vyzdžio dydžio pokytį žmogui sutrikus, tai yra nežinant atsakymo į klausimą ir žinant atsakymą į klausimą. Akies vyzdžio pokyčio kreivė tiriamajam žinant atsakymą į klausimą (3.2 pav.) ir tiriamajam nežinant atsakymo į klausimą (3.3 pav.).



3.2 pav. Akies vyzdžio pokytis eksperimento metu tiriamajam nežinant atsakymo į klausimą

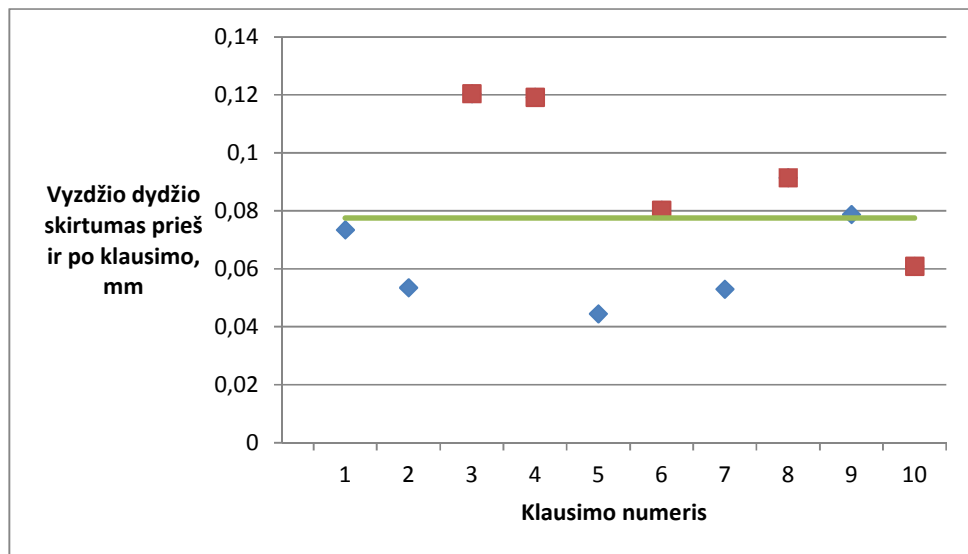


3.3 pav. Akies vyzdžio pokytis eksperimento metu tiriamajam žinant atsakymą į klausimą

1 lentelė. Pirmojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis žinojo atsakymą į klausimą (lentelėje pažymėta baltu fonu), ir kai nežinojo atsakymo į klausimą (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)

Klausimo numeris	Vyzdžio dydis prieš klausimą	Vyzdžio dydis po klausimo	Vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo
1	1,394802	1,468198	0,0734
2	1,393347	1,446797	0,05345
3	1,360395	1,480784	0,12039

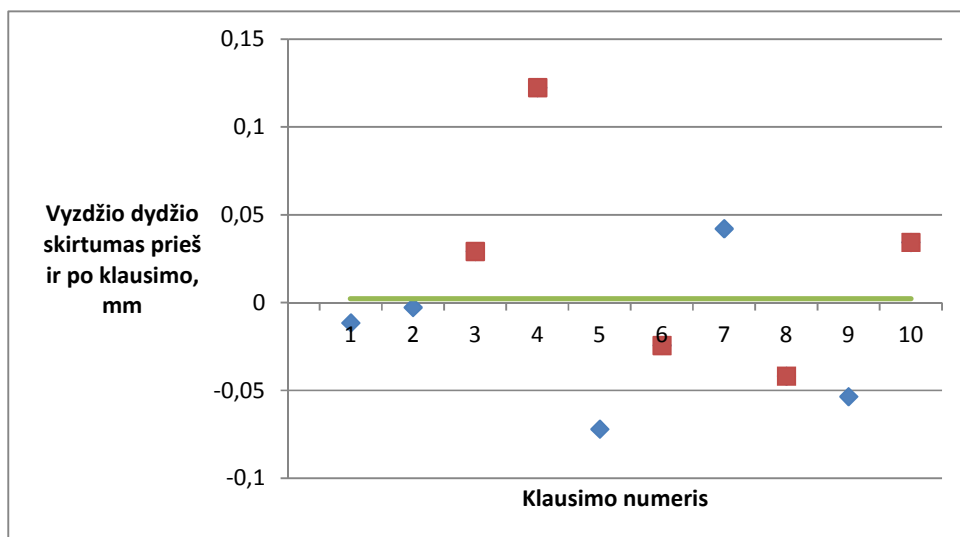
4	1,323035	1,442125	0,11909
5	1,388732	1,433173	0,04444
6	1,366694	1,446827	0,08013
7	1,285925	1,338834	0,05291
8	1,282412	1,373781	0,09137
9	1,310811	1,389481	0,07867
10	1,380624	1,441459	0,06084



**3.4 pav.** Pirmojo tiriamojo akies vyzdžio diametro skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu), ir kai nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija

**2 lentelė.** Antrojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis žinojo atsakymą į klausimą (lentelėje pažymėta baltu fonu) ir nežinojo atsakymo į klausimą (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)

<b>Klausimo numeris</b>	<b>Vydzio dydis prieš klausimą</b>	<b>Vydzio dydis po klausimo</b>	<b>Vydzio dydzio skirtumas prieš ir po klausimo</b>
1	1,811642	1,800127	-0,011515
2	1,702375	1,699643	-0,002723
3	1,696881	1,726092	0,02921
4	1,618254	1,740676	0,12242
5	1,743909	1,67192	-0,071989
6	1,628773	1,604407	-0,024366
7	1,664969	1,622889	0,042079
8	1,691684	1,649873	-0,041811
9	1,669397	1,615916	-0,053481
10	1,742291	1,776611	0,03432

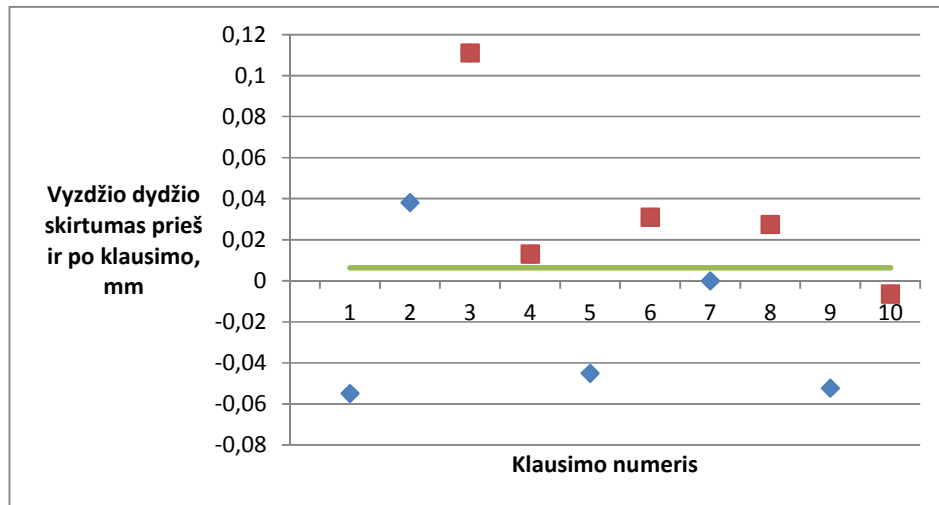


**3.5 pav.** Antrojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu), ir kai nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija

**3 lentelė.** Trečiojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis žinojo atsakymą į klausimą (lentelėje pažymėta baltu fonu), ir kai nežinojo atsakymo į klausimą (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)

Klausimo numeris	Vyzdžio dydis prieš klausimą	Vyzdžio dydis po klausimo	Vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo
1	1,41447	1,359638	-0,05483
2	1,341601	1,379814	0,038213
3	1,252557	1,363689	0,111132
4	1,335343	1,348482	0,013139
5	1,271175	1,226154	-0,045021
6	1,250457	1,281508	0,031051
7	1,236591	1,236620	0,000029
8	1,212412	1,239961	0,027549

9	1,234241	1,181978	-0,05226
10	1,237817	1,231508	-0,00631



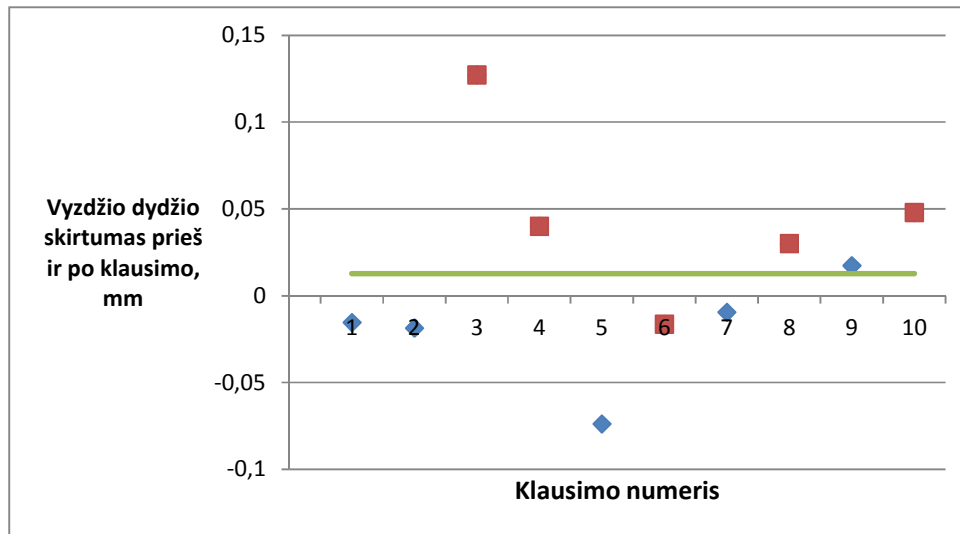
**3.6 pav.** Pirmojo tiriamojo akies vykdymo dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu) ir nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija

**4 lentelė.** Ketvirtojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis žinojo atsakymą į klausimą (lentelėje pažymėta baltu fonu) ir nežinojo atsakymo į klausimą (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)

Klausimo numeris	Vykdymo dydis prieš klausimą	Vykdymo dydis po klausimo	Vykdymo dydžio skirtumas prieš ir po klausimo
1	1,555618	1,540221	-0,015397
2	1,549644	1,530966	-0,018678
3	1,591455	1,718522	0,127067
4	1,721871	1,761817	0,039946
5	1,754139	1,680289	-0,07385
6	1,586452	0,570021	-0,016431



7	1,55693	1,54743	-0,0095
8	1,54675	1,57671	0,02996
9	1,582491	1,599811	0,01732
10	1,615628	1,663488	0,04786



**3.7 pav.** Ketvirtojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu), ir kai nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija

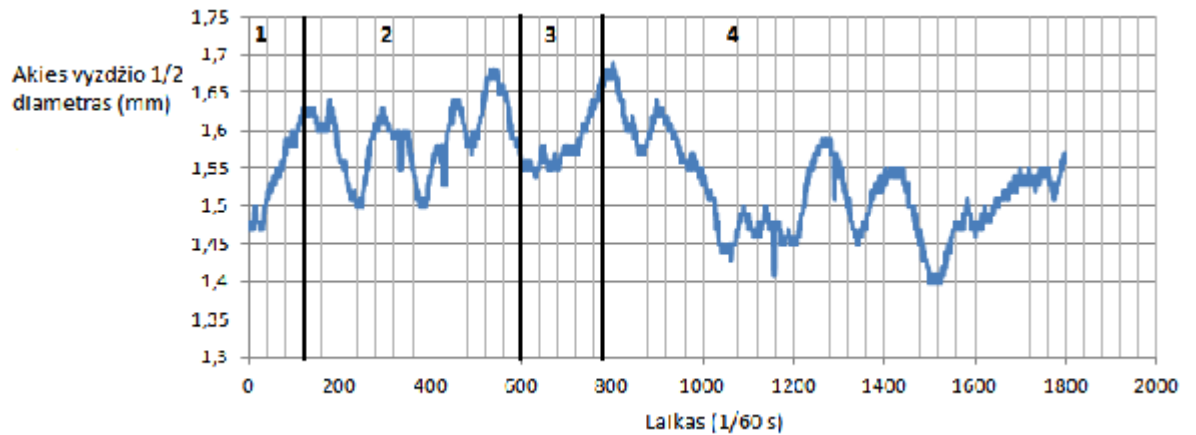
Taigi, jei tiriamojo akies vyzdžio diametro skirtumas prieš klausimą ir po klausimo išgirdimo yra didesnis už dešimties klausimų to paties tiramojo akies vyzdžio diametro skirtumo vidurkio reikšmę, tai galima manyti, kad tiriamasis nežinojo teisingo atsakymo į klausimą. Tokių įvykių iš 20 įvykių 13, tai yra 65% .

Jei tiriamojo akies vyzdžio diametro skirtumas prieš klausimą ir po klausimo išgirdimo yra mažesnis už dešimties klausimų to paties tiramojo akies vyzdžio diametro skirtumo vidurkio reikšmę, tai galima manyti, kad tiriamasis žinojo teisingą atsakymą į klausimą. Tokių įvykių iš 20 įvykių 14, tai yra 70% .

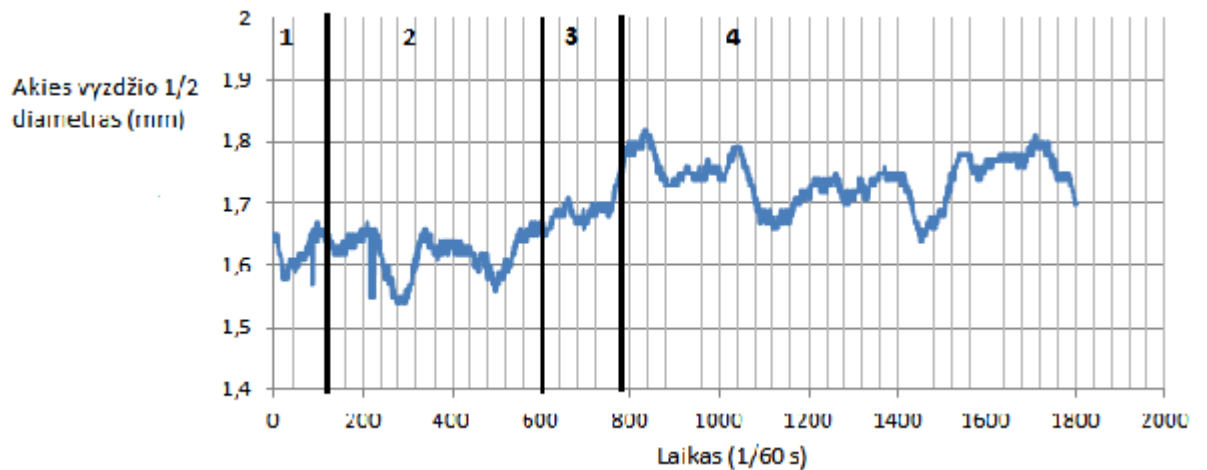
### 3.3. Akies vyzdžio diametro pokyčio eksperimento rezultatai tiriamajam meluojant

Eksperimento tikslas nustatyti akies vyzdžio pokytį žmogui meluojant.

Akies vyzdžio pokyčio kreivė eksperimento metu tiriamajam nemeluojant (3.8 pav.) ir tiriamajam meluojant (3.9 pav.).



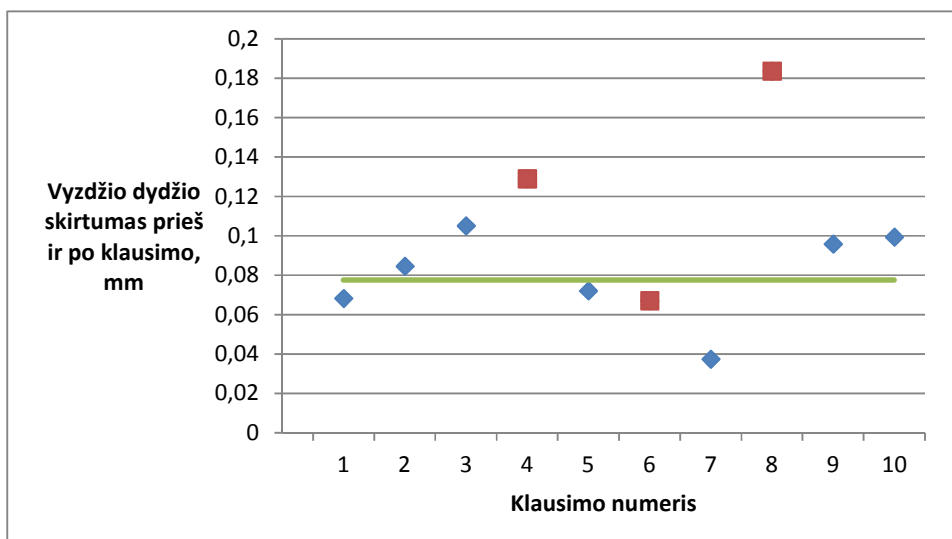
3.8 pav. Akies vyzdžio dydžio pokytis eksperimento metu tiriamajam nemeluojant



3.9 pav. Akies vyzdžio dydžio pokytis eksperimento metu tiriamajam meluojant

**5 lentelė.** Pirmojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis nemelavo (lentelėje pažymėta baltu fonu) ir melavo (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)

<b>Klausimo numeris</b>	<b>Vyždžio dydis prieš klausimą</b>	<b>Vyždžio dydis po klausimo</b>	<b>Vyždžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo</b>
1	1,263347	1,331626	0,06828
2	1,258711	1,34332	0,08461
3	1,210769	1,315867	0,1051
4	1,222328	1,351263	0,12893
5	1,414283	1,486357	0,07207
6	1,32289	1,389951	0,06706
7	1,258898	1,296288	0,03739
8	1,219605	1,403242	0,18364
9	1,190561	1,286405	0,09584
10	1,302453	1,401832	0,09938

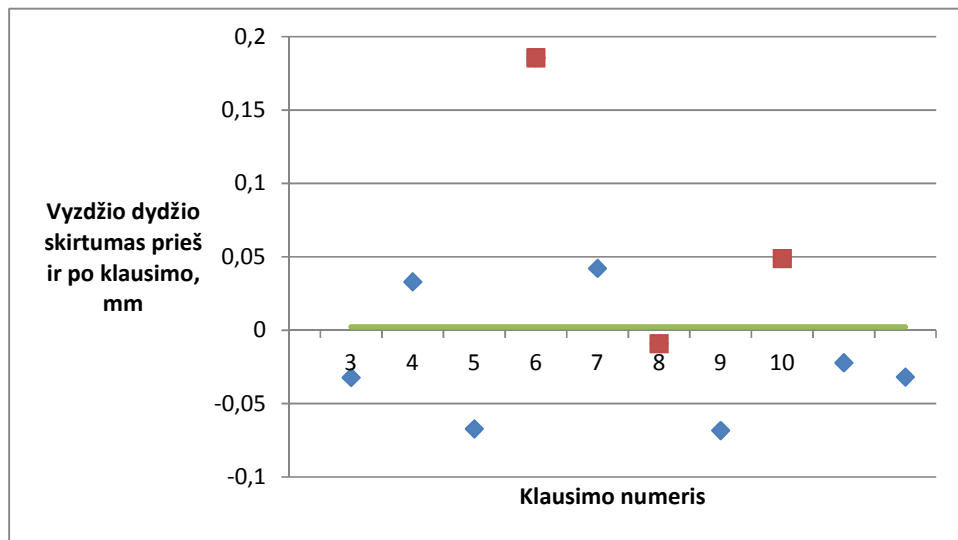


**3.10 pav.** Pirmojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu), ir kai nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija

**6 lentelė.** Antrojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis nemelavo (lentelėje pažymėta baltu fonu) ir melavo (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)

Klausimo numeris	Vyzdžio dydis prieš klausimą	Vyzdžio dydis po klausimo	Vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo
1	1,545988	1,513771	-0,032217
2	1,539834	1,572801	0,03297
3	1,591455	1,52431	-0,067146
4	1,481871	1,667424	0,18555
5	1,664969	1,622889	0,042079
6	1,579356	1,570186	-0,009169
7	1,589647	1,521381	-0,068266
8	1,525647	1,476857	0,04879
9	1,482467	1,50463	-0,022163

10	1,515492	1,547386	-0,031894
----	----------	----------	-----------

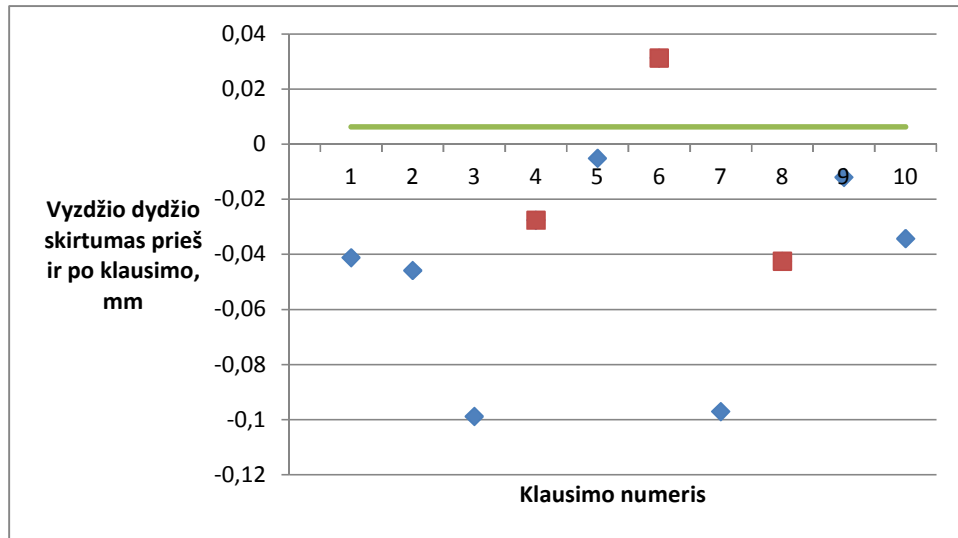


**3.11 pav.** Antrojojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu) ir nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija

**7 lentelė.** Trečiojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis nemelavo (lentelėje pažymėta baltu fonu) ir melavo (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)

Klausimo numeris	Vyzdžio dydis prieš klausimą	Vyzdžio dydis po klausimo	Vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo
1	1,33237	1,291175	-0,04119
2	1,309439	1,263585	-0,04585
3	1,283805	1,185	-0,0988
4	1,309792	1,282223	-0,02757
5	1,208129	1,202987	-0,00514
6	1,174657	1,205955	0,031298
7	1,245593	1,14856	-0,09703

8	1,238316	1,195877	-0,04244
9	1,152183	1,140147	-0,01204
10	1,244553	1,210264	-0,03429

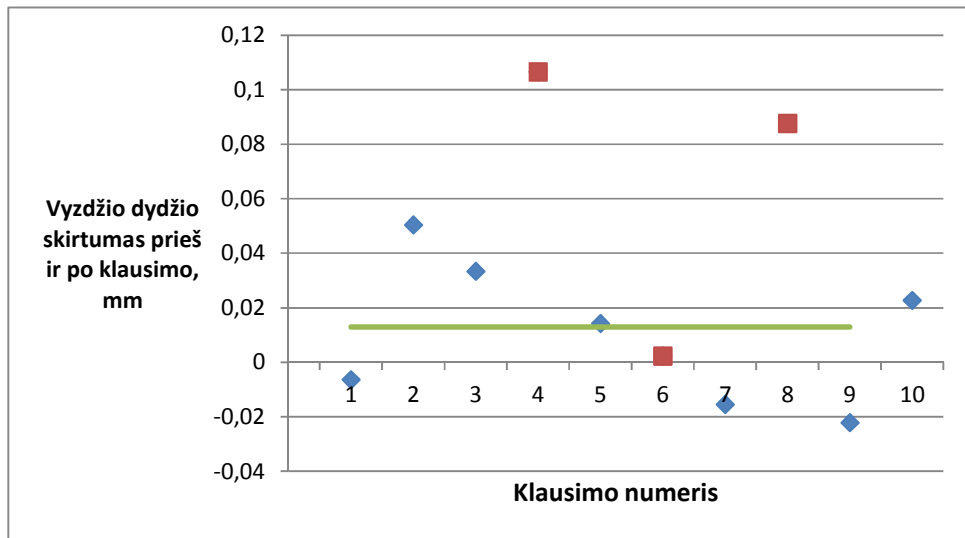


**3.12 pav.** Trečiojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu), ir kai nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija

**8 lentelė.** Ketvirtojo tiriamojo rezultatai, kai tiriamasis nemelavo (lentelėje pažymėta baltu fonu) ir melavo (lentelėje pažymėta tamsesniu fonu)

Klausimo numeris	Vyzdžio dydis prieš klausimą	Vyzdžio dydis po klausimo	Vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo
1	1,594262	1,587898	-0,006364
2	1,567211	1,617643	0,050432
3	1,616321	1,649722	0,033401
4	1,652493	1,759124	0,106631
5	1,765628	1,779899	0,014271

6	1,700871	1,698526	0,002345
7	1,714675	1,699214	-0,015461
8	1,651855	1,739516	0,087661
9	1,710042	1,687891	-0,022151
10	1,656573	1,679324	0,022751



**3.13 pav.** Ketvirtojo tiriamojo akies vyzdžio dydžio skirtumas prieš ir po klausimo, kai tiriamasis žinojo teisingą atsakymą (paveiksle pažymėta rombu), ir kai nežinojo (paveiksle pažymėta kvadratu). Dešimties klausimų skirtumo vidurkio reikšmė paveiksle pažymėta linija

Taigi, jei tiriamojo akies vyzdžio diametro skirtumas prieš klausimą ir po klausimo išgirdimo yra didesnis už dešimties klausimų to paties tiriamojo akies vyzdžio diametro skirtumo vidurkio reikšmę, tai galima manyti, kad tiriamasis melavo. Tokių įvykių iš 12 įvykių 7. Taigi, tikimybė, kad įmanoma atpažinti meluojantį žmogų yra 58% .

## Išvados

Remiantis žmogaus anatomija buvo išnagrinėta žmogaus regos sistema. Žmogaus akies vyzdžio diametro pokytis priklauso nuo dviejų veiksnių: nuo šviesos patenkančios į akies tinklainę ir nuo žmogaus emocinės būklės.

Buvo sudarytas standas, naudojant įrangą Eyegaze System, kuri gali užtikrinti žmogaus vyzdžio diametro pasikeitimo fiksavimą. Naudojant šią sistemą buvo atliekami eksperimentai.

Pirmojo eksperimento metu buvo atliekamas tyrimas, kaip žmogaus akies vyzdys reaguoja į skirtingo stiprumo šviesą.

1. Žmogaus akies vyzdžio didesnis susiaurėjimas pasiekiamas su mėlynos spalvos filtru, kuris praleidžia daugiau šviesos negu raudonos spalvos filtras. Ši akies vyzdžio priklausomybė nuo šviesos pastebėta visuose bandymuose su tiriamaisiais.

Antrojo eksperimento metu buvo atliekamas tyrimas, kaip žmogaus akies vyzdžio diametras kinta žmogui nežinant arba žinant atsakymą į klausimą.

2. Jei tiriamojo akies vyzdžio diametro skirtumas prieš klausimą ir po klausimo išgirdimo yra didesnis už dešimties klausimų to paties tiramojo akies vyzdžio diametro skirtumo vidurkio reikšmę, tai galima manyti, kad tiriamasis nežinojo teisingo atsakymo į klausimą. Tokių įvykių iš 20 įvykių 13, tai yra 65% .

3. Jei tiriamojo akies vyzdžio diametro skirtumas prieš klausimą ir po klausimo išgirdimo yra mažesnis už dešimties klausimų to paties tiramojo akies vyzdžio diametro skirtumo vidurkio reikšmę, tai galima manyti, kad tiriamasis žinojo teisingą atsakymą į klausimą. Tokių įvykių iš 20 įvykių 14, tai yra 70% .

Trečiojo eksperimento metu buvo atliekamas tyrimas, kaip žmogaus akies vyzdžio diametras kinta žmogui meluojant.

4. Jei tiriamojo akies vyzdžio diametro skirtumas prieš klausimą ir po klausimo išgirdimo yra didesnis už dešimties klausimų to paties tiramojo akies vyzdžio diametro skirtumo vidurkio reikšmę, tai galima manyti, kad tiriamasis melavo. Tokių įvykių iš 12 buvo 7. . Taigi, tikimybė, kad įmanoma atpažinti meluojantį žmogų yra 58% .



## Literatūros sąrašas

1. Kristina Herbst, Brigit Sander, Dan Milea, Henrik Lund-Andersen and Aki Kawasaki. Test-retest repeatability of the pupil light response to blue and red light stimuli in normal human eyes using a novel pipillometer. 2011.
2. Vlasenko, A. Kaklauskas, A. K. Zavadskas. Investigation of Students' Knowledge and Iris Interrelationship. ISSN 1392-1215. 2011. No. 10(116).
3. William C. Krenz and Lawrence Stark. System Model for Pupil Size Effect. Feedback Model. Biol. Cybern. 51, 391-397.
4. Fuchuan Sun, William C. Krenz, and Lawrence W. Stark. A System Model for the Pupil Size Effect. Transient Data. Biol. Cybern. 48, 101-108.
5. Longtin and J. G. Milton. Insight into the Transfer Function, Gain, and Oscillation Onset for the Pupil Light Reflex Using Nonlinear Delay-Differential Equations. Biol. Cybern. 61, 51-58.
6. LC Technologies, Inc. Section 2: User's manual. The eyegaze development system for windows .NT/2000. 2003. Fairfax, Virginia 22031-4713 U.S.A.
7. [Aurorius neaiškus], [žiūrėta 2013-05-10]. Prieiga per Internetą:  
<http://almostadoctor.co.uk/content/systems/neurology-psychiatry/neurology/pupillary-defects>
8. Aurorius neaiškus. Žiūrėta 2013-05-10. Prieiga per Internetą:  
<http://what-when-how.com/neuroscience/visual-system-sensory-system-part-4/>
9. Aurorius neaiškus. Žiūrėta 2013-05-10. Prieiga per Internetą:  
[http://proin.ktu.lt/~tomablaz/azina/index.php?akcija=klatsas&tema=2&KL\\_KODAS=56](http://proin.ktu.lt/~tomablaz/azina/index.php?akcija=klatsas&tema=2&KL_KODAS=56)
10. Aurorius neaiškus. Žiūrėta 2013-05-10. Prieiga per Internetą:  
<http://www.sciencemuseum.org.uk/broughttolife/objects/display.aspx?id=93324>
11. Aurorius neaiškus. Žiūrėta 2013-05-10. Prieiga per Internetą:  
<http://www.lie2me.net/thepolygraphmuseum/id14.html>
12. Aurorius neaiškus. Žiūrėta 2013-05-10. Prieiga per Internetą:  
<http://mokslas.delfi.lt/mokslas/melo-atpazinimo-technologijos.d?id=60626829>
13. Aurorius neaiškus. Žiūrėta 2013-05-10. Prieiga per Internetą:  
<http://www.regostecnika.lt/akiu-sandara-bendra-informacija/>
14. Aurorius neaiškus. Žiūrėta 2013-05-10. Prieiga per Internetą:  
[http://lt.wikipedia.org/wiki/%C5%BDmogaus\\_akis](http://lt.wikipedia.org/wiki/%C5%BDmogaus_akis)
15. Aurorius neaiškus. Žiūrėta 2013-05-10. Prieiga per Internetą:

<http://www.pnas.org/content/107/1/395/F5.expansion.html>

16. Autorius neaiškus. Žiūrėta 2013-05-10. Prieiga per Internetą:

<http://www.illinoislighting.org/lightcolor.html>

17. Autorius neaiškus. Žiūrėta 2013-05-10. Prieiga per Internetą:

<http://www.illinoislighting.org/lightcolor.html>

Autorius neaiškus. Žiūrėta 2013-05-10. Prieiga per Internetą:

18. [http://www.homosanitus.lt/lt/homo\\_sanitus/turinys/metabolizmas/Ka\\_bendro\\_turi\\_zylantys\\_plaukai\\_ir\\_baltme](http://www.homosanitus.lt/lt/homo_sanitus/turinys/metabolizmas/Ka_bendro_turi_zylantys_plaukai_ir_baltme)