

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS
INFORMATIKOS KATEDRA

Vytautas Bernotas

Informatikos specialybės II magistrantūros kurso studentas

Žmogaus akių sukties judesių kompiuterinis modeliavimas

Computer simulation of human torsion eye movements⁴

MAGISTRO DARBAS

Darbo vadovė:
doc. dr. S. Turskienė

Recenzentas:
dr. M. Vaičiulis

Šiauliai, 2009 m.

Tvirtinu, jog darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota ir paruošta naudojant literatūros sąrašė pateiktus informacinius šaltinius bei savo tyrimų duomenis.

Turinys

1. Įvadas.....	5
2. Žmogaus akies sukties judesiai.....	6
2.1. Akių judesių tipai.....	6
2.2. Akies posūkių aprašymo būdai.....	7
2.2.1. Posūkių matricos.....	7
2.2.2. Sukimosi vektoriai.....	8
2.2.3. Sukties judesiai.....	9
2.3. Akių judesių registravimas.....	10
3. Programavimo įrankio parinkimas.....	14
4. Modeliavimo sistemos projektavimas.....	15
4.1. Sistemos paskirtis.....	15
4.1.1. Projekto kūrimo pagrindas.....	15
4.1.2. Sistemos tikslai (paskirtis).....	15
4.2. Projekto dalyviai.....	15
4.2.1. Užsakovas.....	15
4.2.2. Vykdytojas.....	15
4.3. Vartotojai.....	16
4.4. Įpareigojantys apribojimai.....	16
4.4.1. Apribojimai sprendimui.....	16
4.4.2. Diegimo aplinka.....	16
4.4.3. Bendradarbiaujančios sistemos.....	16
4.4.4. Numatoma darbo vietos aplinka.....	16
4.4.5. Sistemos kūrimo terminai.....	17
4.5. Veiklos kontekstas.....	17
4.6. Produkto veiklos sfera.....	18
4.6.1. Sistemos ribos.....	18
4.6.2. Panaudojimo atvejų sąrašas.....	18
4.7. Funkciniai reikalavimai ir reikalavimai duomenims.....	18
4.7.1. Funkciniai reikalavimai.....	18
4.7.2. Reikalavimai duomenims.....	18
4.8. Reikalavimai sistemos išvaizdai.....	19
4.9. Reikalavimai panaudojamumui.....	19
4.10. Reikalavimai vykdymo charakteristikoms.....	19
4.11. Pritaikymas.....	19
4.12. Galimos sistemos kūrimo rizikos.....	19
4.13. Perspektyviniai reikalavimai.....	19
5. Sistemos dinaminis vaizdas.....	19

5.1. Veiklos diagrama	20
5.2. Būsenų detalizavimo aprašymas	20
6. Modeliavimo eigos aprašymas	21
6.1. In vitro kalibravimas	21
6.2. In vivo kalibravimas	22
6.3. Galutinės kalibravimo informacijos gavimas	23
6.4. Pervedimas į sukimosi vektorius	23
6.5. Aparatūrinių pikų šalinimas	23
6.6. Rezultatų pateikimas	24
7. Testavimas	26
7.1. Testavimo resursai	26
7.2. Pagrindiniai apribojimai	26
7.3. Programinės įrangos funkcijų testavimas	26
7.4. Charakteristikų testavimas	28
7.4.1. Našumo testavimas	28
7.4.2. Atstatymo testavimas	30
7.5. Suderinamumo testavimas	30
7.6. Reikalavimų specifikacijos testavimas	31
8. Išvados	31
9. Sutrumpinimų žodynėlis	32
10. Anotacija	33
11. Summary	34
12. Literatūros ir informacinių šaltinių sąrašas	35
13. Priedai	36
13.1. Panaudojimo atvejų sąrašas	36
13.2. Funkciniai reikalavimai	39
13.3. Reikalavimai sistemos išvaizdai	40
13.4. Reikalavimai panaudojamumui	41
13.5. Reikalavimai vykdymo charakteristikoms	41
13.6. Būsenų detalizavimo aprašymas	42

1. Įvadas

Daugelyje pasaulio, Europos mokslinių laboratorijų, tame tarpe ir Lietuvos, yra tyrinėjami žmogaus akių judesiai. Jie yra labai informatyvūs, todėl jais domisi įvairių sričių mokslininkai. Atskiri akių judesių parametrai yra psichologijos, ergonomikos, neurokibernetikos, medicinos ir kitų mokslo sričių tyrinėjimo objektai. Vienuose darbuose akių judesiai patys yra tyrimo objektas, kituose yra tiriamas akių judesių vaidmuo regėjimo procese ir dar kituose akių judesių analizė naudojama sudėtingesnių žmogaus veiklos formų tyrimo. Tokių sudėtingų uždavinių sprendimas neįmanomas be atitinkamų algoritmų sudarymo ir jų kompiuterinio modeliavimo.

Tema **aktuali** tuo, kad atlikdama akių sukities judesių modeliavimą, suteikia galimybę kitaip pateikti gautus rezultatus, juos analizuoti ir gauti naujos papildomos informacijos.

Darbe bus svarstoma **problema**, kad akių judesių modeliavimui ir algoritmų realizavimui reikalinga speciali programinė įranga, nes standartinėmis spresti tokius uždavinius neįmanoma.

Keliama **hipotezė**, kad galima sukurti pakankamai universalų produktą, kurio pagalba būtų galima modeliuoti ir analizuoti vienos rūšies žmogaus akių judesius – sukities, tam panaudojant vieną programavimo įrankį.

Darbo tikslas – sukurti kompiuterinę sistemą žmogaus akių sukities judesių modeliavimui ir rezultatų pateikimui. Siekiant įrodyti keliamą hipotezę ir įgyvendinti darbo tikslą, reikės išspręsti tokius **uždavinius**:

- nustatyti akių sukities judesių pagrindines charakteristikas ir matematinį modelį,
- atlikti šiuo metu akių judesių modeliavimui naudojamos programinės įrangos analizę ir palyginimą,
- parinkti geriausiai tinkamą programavimo įrankį,
- sudaryti kuriamos sistemos architektūrą,
- realizuoti akių judesių modeliavimo sistemą,
- atlikti sukurtos sistemos testavimą,
- nustatyti sistemos silpnąsias vietas ir pateikti rekomendacijas tolimesniam vystymui.

Apibrėžtiems uždaviniams pasiekti darbe taikomi šie **metodai**:

- *aiškinimas*, kuris nusakytų pagrindinį akių judesių modelį ir naudojamą programinę įrangą,
- *palyginimas*, nes norint pasirinkti geriausiai tinkamą programinę įrangą, reikia palyginti kelias.

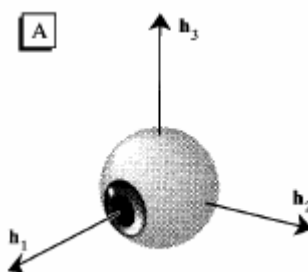
Darbo praktinė reikšmė svarbi tuo, kad tyrėjai galės panaudoti naujai gautą informaciją savo tolimesniems tyrimams atlikti ir išvadoms daryti.

2. Žmogaus akies sukties judesiai

2.1. Akių judesių tipai

Žmogaus akį judina su ja susiję raumenys. Viena pora judina horizontalia kryptimi, kita vertikalia, o trečia nėra simetriška akies atžvilgiu ir sukelia nedidelius sukties judesius. Paprastai raumenys taip judina akį, kad žmogus galėtų stebėti aplinkinį pasaulį, pervesdamas žvilgsnį nuo vieno objekto prie kito, atlikti jį dominančio objekto fiksavimą ir suvesti abi akis į norimą objektą.

Akis, kaip ir kiekvienas kietas kūnas, turi tris judesių laisvės kampus, todėl jos erdvinė orientacija aprašoma trimis kampais – posūkiais apie tris statmenas ašis. Žmogaus žiūros liniją nulemia du kampiniai posūkiai: apie ašį h_3 – horizontalių posūkių (H) ašis ir h_2 – vertikalių posūkių (V) ašis. Trečias posūkis apie regėjimo ašį h_1 – vadinamas sukties judesys (S), yra nedidelis ir labiausiai pasireiškia prie didelių vertikalių akies judesių.



Pav. 2-1. Ašys, apie kurias sukasi akis [2]

Akių judesiai skirstomi į dvi dideles grupes – mikro ir makro judesius. Prie mikro judesių priskiriamos mikrosakados (staigūs šuoliukai). Tai konjuguoti akių judesiai ir beveik visada identiški abejoms akims. Jų amplitudė kinta nuo 1 iki 25 laipsnio minučių (vidurkis 6 laipsnio minutės). Kitas šių judesių tipas yra mikrosakados, kurių dažnis yra apytiksliai lygus 1 – 3 Hz. Dreifas taip pat priskiriamas prie akių mikro judesių. Tai konjuguotas ir lėtas judesys, kurio greitis kinta ribose nuo 1 iki 30 laips./s, o amplitudė apie 2 – 5 min. Tremoras – tai nekonjuguotas, aukšto dažnio akių virpėjimas (50–100 Hz), kurio amplitudė kinta nuo 5 iki 15 laipsnio minučių [1].

Prie makro judesių priskiriami sakadiniai judesiai. Tai yra konjuguoti, šokinėjamo pobūdžio, sąmoningi arba nesąmoningi, abiejų akių judesiai. Jie fiksuoja daikto vaizdą tinklainės centrinėje duobutėje. Trukmė 15–100 ms, amplitudė kinta nuo 0,5 iki 90 laipsnių, o greitis gali siekti net 400 laips./s. Kitas makro judesių tipas yra sekamieji – tai lėti, sąmoningi, konjuguoti akių judesiai, kurie judantį objektą išlaiko centrinėje duobutėje 1 laipsnio tikslumu. Šie judesiai išlaiko regėjimo aštrumą objektui judant iki 100 laips./s greičiu, o greičiau judančius objektus pagauna sakadiniai judesiai. Optokinetiniai judesiai pasireiškia, galvai judant aplinkos atžvilgiu arba judant aplinkai galvos atžvilgiu, ir stabilizuoja daikto vaizdą tinklainėje. Akis fiksuoja objektą sekamaisiais judesiais, o sakadiniai judesiai į priešingą pusę nustato naują fiksacijos tašką. Šių akių judesių seka vadinama nistagmu. Šių judesių trukmė apie 100 ms. Greitis gali siekti iki 60 laips./s. Vestibulo-okuliariniai (fiksaciniai) judesiai – tai galvos posūkių sukelti konjuguoti akių judesiai. Jie susiję su

vestibulo-okuliariniu refleksu. Pasisukus galvai, akys pasisuka atgal, kad išlaikytų tą patį fiksacijos tašką. Šių judesių trukmė apie 15 ms. Greitis gali siekti iki 400 laips./s. Verguojamieji – konverguojamieji ir diverguojamieji akių judesiai pasireiškia kintant nuotoliui iki stebimo objekto. Tai priešingi, nekonjuguoti akių judesiai. Šie judesiai yra palyginti lėti ir tikslūs. Jų greitis siekia apie 10 laips./s, o amplitudė neviršija 15 laipsnių diapazono [1].

2.2. Akies posūkių aprašymo būdai

2.2.1. Posūkių matricos

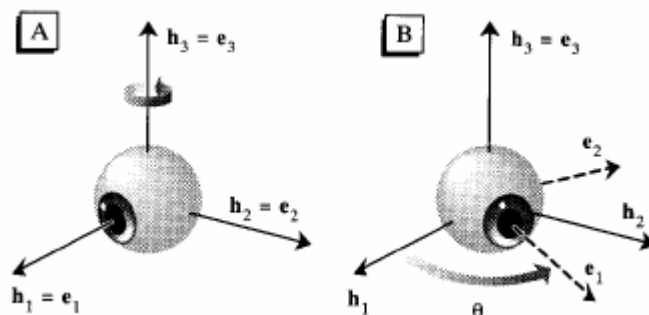
Matuojant erdvinės akies pozicijas, esama akies pozicija charakterizuojama posūkiu iš tam tikros sutartinai pasirinktos pradinės pozicijos į esamą. Ši pradinė pozicija dažniausiai laikoma tokia, kai žmogus žiūri tiesiai į priekį ir galva laikoma tiesioje padėtyje. Jei žmogus judina galvą, tai akies pozicija yra galvos pozicijos erdvėje funkcija, ir apskaičiuoti ją yra žymiai sunkiau. Daugumoje eksperimentų, jei tai nėra specialūs, galva yra fiksuojama ir tada skaičiuojama akies pozicija.

Norint išnagrinėti erdvinę akies poziciją, yra nustatomos galvos fiksuota ir akies fiksuota koordinačių sistema. Jei $\{h_1, h_2, h_3\}$ yra galvos fiksuota koordinačių sistema tokia, kad h_1 sutampa su regėjimo linija, kai akis yra atraminėje pozicijoje, h_2 - su tarpausine ašimi ir h_3 - su žemės vertikale (Pav. 2-2 A), tai $\{e_1, e_2, e_3\}$ nurodo akies fiksuotą koordinačių sistemą (ji juda kartu su akimi) tokia, kad $\{e_1, e_2, e_3\}$ sutaptų su galvos fiksuota koordinačių sistema $\{h_1, h_2, h_3\}$, kai akis yra atraminėje pozicijoje [2].

Bet koks H akies fiksuotos koordinačių sistemos posūkis (tuo pačiu ir akies) iš atraminės pozicijos į naują, kaip parodyta (Pav. 2-2 B), gali būti aprašytas taip [2]:

$$\vec{e}_i = R \cdot \vec{h}_i \quad i = 1, 2, 3 \quad (2.1)$$

Akies pozicijų vektoriaus \vec{e}_i komponentės yra išreikštos atitinkamai galvos fiksuotai koordinačių sistemai \vec{h}_i ir posūkiui matricai R , aprašančiai posūkių apie erdvėje fiksuotas ašis ir nepriklausančiai nuo \vec{h}_i bei akies orientacijos.



Pav. 2-2. Horizontalus akies posūkis horizontalia kryptimi [2]

Matricą R su posūkiu θ apie ašį h_3 , vadinama H akies posūkiu, žymima $R_3(\theta)$ [2]:

$$R_3(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Akies judesiui V kryptimi (posūkiai apie h_2 ašį) kampu φ aprašomi taip [2]:

$$R_2(\varphi) = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Sukties akies judesiai – posūkiai apie h_1 ašį kampu ψ gali būti aprašyti taip [2]:

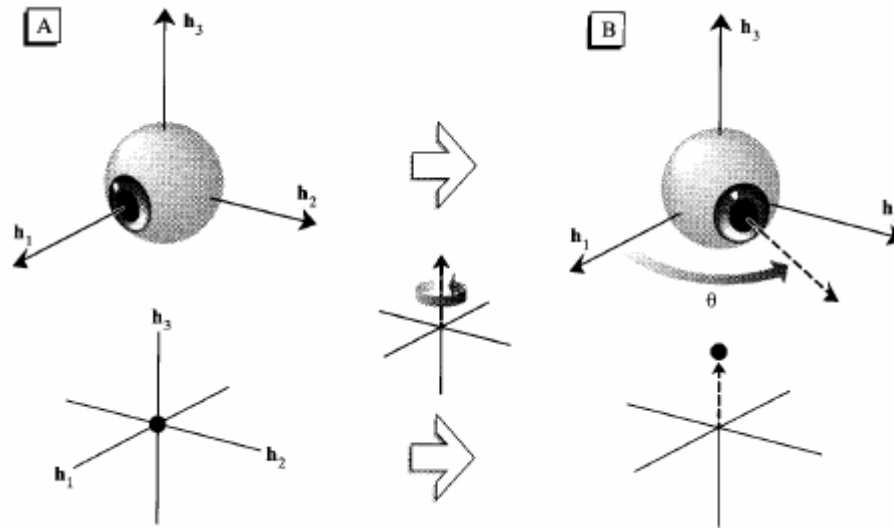
$$R_1(\psi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \psi & -\sin \psi \\ 0 & \sin \psi & \cos \psi \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

Norint aprašyti akies fiksuotos koordinačių sistemos posūkį iš atraminės pozicijos į bet kokią naują poziciją, galioja (2.1) lygybė. Posūkio matrica R pilnai aprašo esamą akies poziciją [2], ir jos elementai nustatomi taip:

$$R = \begin{bmatrix} \cos(\theta) \cdot \cos(\varphi) & \cos(\theta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \sin(\psi) - \cos(\theta) \cdot \cos(\psi) & \cos(\theta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \sin(\psi) + \cos(\theta) \cdot \cos(\psi) \\ \sin(\theta) \cdot \cos(\varphi) & \cos(\theta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \sin(\psi) + \cos(\theta) \cdot \cos(\psi) & \cos(\theta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \sin(\psi) - \cos(\theta) \cdot \cos(\psi) \\ -\sin(\varphi) & \cos(\varphi) \cdot \sin(\psi) & \cos(\varphi) \cdot \cos(\psi) \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

2.2.2. Sukimosi vektoriai

Akies posūkio charakterizavimui yra panaudojamas kryptinis vektorius, kurio kryptį nurodo posūkio ašis, o jo ilgis proporcingas posūkio dydžiui, kaip parodyta Pav. 2-3. Toks vektorius turi tris parametrus. Vektoriaus orientacija nustatoma dešinės rankos taisykle, t. y. akies judesys kairėn, dešinėn ar pagal laikrodžio rodyklę, ir aprašoma vektoriumi, kuris nurodo atitinkamai kairėn ar į priekį. Šiame atvaizdavime posūkis nėra apibūdinamas kaip sukimasis apie žvilgsnio liniją, bet kaip vektoriaus komponentė h_1 , charakterizuojanti bendrą akies poziciją [1].



Pav. 2-3. Erdvinis akies pozicijos vaizdavimas vektoriumi [2]

Paveikslėlio A dalyje parodyta akis atraminėje pozicijoje (viršus) ir tai atitinka nulinį vektorių (apačia). Paveikslėlio B dalyje parodyta kitokia akies pozicija (viršus), kuri gali būti gauta pasukant akį iš atraminės pozicijos apie h_3 ašį kampu θ . Todėl šią akies poziciją atvaizduoja vektorius išilgai h_3 ašies, kurio ilgis proporcingas posūkio kampui (apačia). Dažniausiai vektoriaus, aprašančio akies poziciją, yra parodomas tik pabaigos taškas, bet ne visas vektorius (apačia).

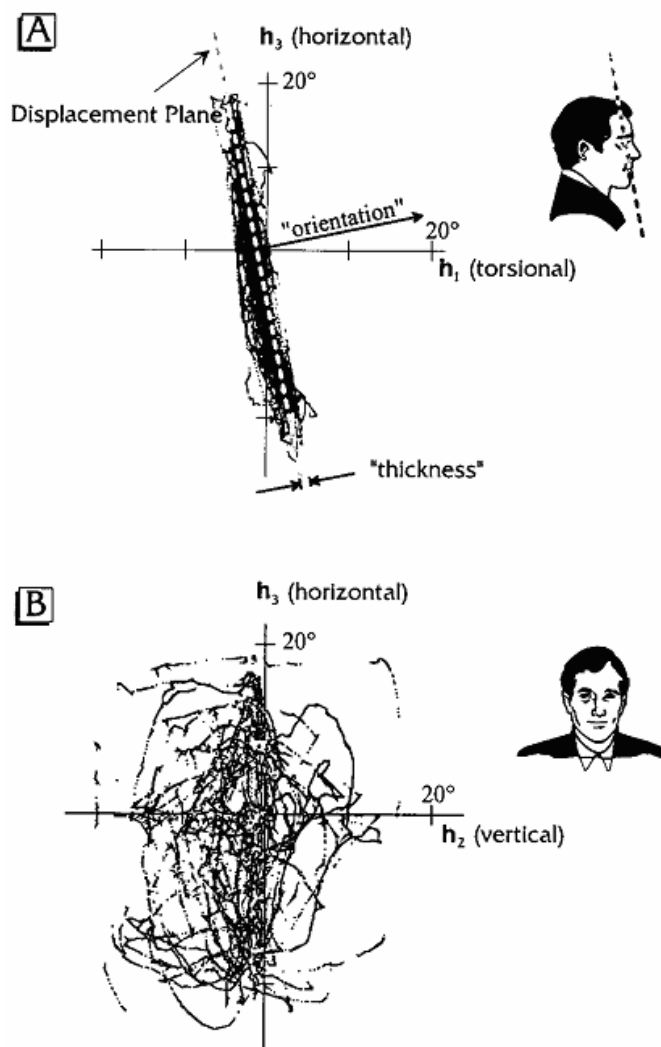
Sukimosi vektoriaus atitikimas posūkio matricai R yra nustatomas iš posūkio matricos elementų [2]:

$$r = \frac{1}{1 + (R_{11} + R_{22} + R_{33})} \cdot \begin{pmatrix} R_{32} - R_{23} \\ R_{13} - R_{31} \\ R_{21} - R_{12} \end{pmatrix} \quad (2.6)$$

2.2.3. Sukties judesiai

Kai žiūrima į mažą objektą, esantį tiesiai arba mažai nutolusį nuo tiesioginio matomumo linijos, šio objekto padėtis nustato žvilgsnio kryptį, bet tiksliai neapibūdina akies posūkio apimties apie žvilgsnio liniją [1]. Nustatyta, kad sukties akies pozicija nėra pasirenkama, bet unikalčiai nustatoma pagal žvilgsnio kryptį. Tai galioja tiesiai ir nejudamai galvai, kai akys žiūri į begalinį taikinį. Listingo (*Listing*) taisyklė tiksliai apibūdina akies sukimosi apimtį. Naudojant posūkio vektorius Listingo taisyklė yra formuluojama taip: visi posūkio vektoriai charakterizuojantys erdvinę akies poziciją būna išsibarstę netoli vienas kito išilgai plokštumos. Žmonių ir beždžionių akių judesių įrašai parodė, kad posūkio vektorių aprašančių akies pozicijas standartinis nuokrypis nuo šios plokštumos yra apie 0,5-1,0 laipsnių. Geriausiai atitinkanti šiuos duomenis plokštuma yra vadinama nukrypimo plokštuma arba Listingo plokštuma [1]. Pav. 2-4 (A, B) pateiktas tokios plokštumos pavyzdys.

Paveikslėlio A dalyje parodytas šoninis posūkio vektorių vaizdas. Komponentė h_1 nurodo sukties judesį. Dalyje B parodytas priekinis posūkio vektorių vaizdas, komponentė h_2 nurodo vertikalius, o h_3 – horizontalius judesius. Paveikslėliuose vaizduojami ne patys posūkio vektoriai, charakterizuojantys akies padėtis, bet tik jų galiniai taškai.



Pav. 2-4. Listingo plokštumos [2]

Nukrypimo plokštumos orientacija taip pat priklauso nuo atraminės plokštumos, naudotos akies pozicijos aprašymui. Pakeičiant atraminę poziciją 2α laipsnių bet kuria kryptimi, posūkio vektorių, aprašančių absoliučiai tas pačias akies pozicijas, plokštuma pasikeičia α laipsnių ta pačia kryptimi [1]. Nežiūrint į tai, Listingo plokštuma yra naudojama suktyies judesių analizei.

2.3. Akių judesių registravimas

Akių judesių matavimas yra techniškai sunkiai įgyvendinamas, nes akis yra labai jautrus organas, paslėptas akiduobėje. Nors akies kampinių posūkių apie vertikalią ir horizontalią ašis ribos yra nedidelės ir siekia 70 laipsnių, tačiau mikrojudesių amplitudės yra tik kelių kampinių minučių dydžio. Visi šiuo metu naudojami akių judesių matavimo metodai gali būti suskirstyti į kontaktinius ir nekontaktinius [1].

Kontaktiniai metodai naudoja jutiklius sudarytus iš dviejų dalių: judančiosios (tvirtinama prie akies) ir nejudančios (akiniai, rėmelis, šalmas ir kt.). Judant akiai judančioji dalis pasisuka arba pasislenka nejudančios dalies atžvilgiu. Taip nustatomi akių judesiai. Šių metodų trūkumas yra tas, kad davikliai turi tiesioginį kontaktą su tiriamojo akimis ir tai sukelia jam nepatogumų, kai kuriais atvejais, net skausmą. Tačiau tokiais metodais pasiekiamas didelis tikslumas [1].

Dėl tikslumo, kontaktiniai metodai naudojami moksliniuose tyrimuose, nes čia reikia matuoti kiek galima tiksliau. Praktiniuose pritaikymuose šie metodai nenaudojami. Nekontaktiniai metodai plačiausiai naudojami praktiniuose uždaviniuose, o taip pat ir moksliniuose tyrinėjimuose, jei suteikiamas tikslumas yra pakankamas.

Naudojant nekontaktinius metodus tiesioginio kontakto su tiriamojo akimis nėra, todėl tyrimo procedūra neskausminga, mažiau varginanti ir tyrimą galima atlikti gerokai ilgiau, nei kontaktinio tyrimo metu. Nekontaktinių akių judesių matavimo metodai akių kampiniams posūkiams nustatyti naudoja akies fiziologinius ypatumus: pavidalą, formą, elektrines (elektrookulografija) bei optines (ragenos atšvaistas, Purkinjė atspindžiai) savybes. Naudojant nekontaktinius metodus eksperimentus galima atlikti ne tik laboratorinėmis sąlygomis, bet ir natūralioje tiriamojo aplinkoje (namuose, darbe, automobilyje ir pan.). Tačiau nekontaktinių metodų tikslumas yra mažesnis.

Naudojant elektromagnetinį metodą, ant tiriamojo akies yra dedamas specialus kontaktinis lęšis arba žiedas. Registruojant jo judėjimą, galima spręsti apie akies kampinius poslinkius. Matavimo tikslumas priklauso nuo to, kaip kontaktinis lęšis tiksliai juda kartu su akimi. Paprasti lęšiai, skirti regėjimo gerinimui, šiuo atveju netinka dėl savo paslankumo akies atžvilgiu. Naudojami specialūs, dviejų sferinių paviršių, kontaktiniai lęšiai. Ragenos išgaubtumo spindulys yra mažesnis už akies obuolio spindulį, todėl ragena yra lęšių tvirtinimo pagrindas. Sferinių paviršių pagalba, lęšis tvirtinasi ragenos paviršiaus kreivumo kitimo riboje. Ragenos išgaubtumas neleidžia lęšiams slankioti akies paviršiumi. Taip pat yra naudojamos ir papildomos priemonės lęšio sukibimui su akies paviršiumi gerinimui – specialūs cheminiai tirpalai, oro išsiurbimas lęšio lietimosi su akimi vietoje, taip pat individualus lęšio parinkimas kiekvienam tiriamajam. Lęšis patalpinamas aukšto dažnio elektromagnetiniame lauke. Lęšiukui judant kartu su akimi, priimamosiose ritėse dėl elektromagnetinės indukcijos reiškinio fiksuojamas elektromagnetinio lauko pasikeitimas, iš kurio apskaičiuojami kampiniai akies posūkiai.

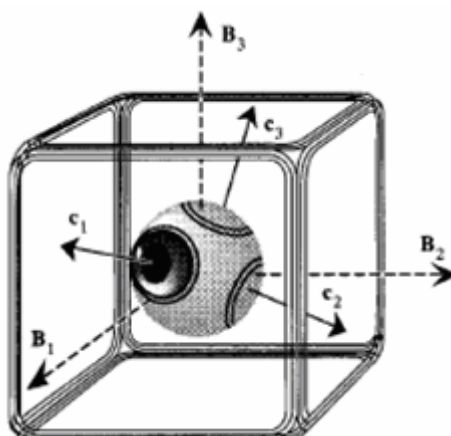
Kai tyrimo ritė talpinama virpančiame elektromagnetiniame lauke B , joje indukuojama įtampa. Jeigu ritė apibūdinama jautrio elektromagnetiniam laukui vektoriumi c , kuris yra statmenas ritei ir turi ilgį, proporcingą paviršiui aplink ją, tai įtampa yra proporcinga kampo tarp B ir c kosinusui. Tai duoda paprastą atitikimą tarp posūkio matricos reikšmių ir įtampų, indukuotų tyrimo ritėse. Sakykime:

$$B_i = h_i \cdot b_i \cdot \sin(\omega_i t), \quad i = 1, 2, 3 \quad (2.7)$$

yra trys vienas kitam statmeni elektromagnetiniai laukai. Jie yra lygiagretūs galvos fiksuotos koordinatinių sistemos ašims $\{h_1, h_2, h_3\}$, turi amplitudes b_i ir virpa dažniu ω_i . Tegul $\{c_1, c_2, c_3\}$ reiškia tris statmenas rites, kurios yra lygiagrečios akies fiksuotai koordinatinių sistemai $\{e_1, e_2, e_3\}$ ir juda kartu su akimi [1].

Paveikslėlyje Pav. 2-5 parodyta idealizuota eksperimentinė struktūra su trimis statmenais elektromagnetiniais laukais ir trimis statmenais sumontuotomis tyrimo ritėmis. Tyrimo ritės nejudamai pritvirtintos prie

akies, ir ričių vektoriai $\{c_1, c_2, c_3\}$ yra lygiagretūs akies fiksuotos koordinačių sistemos ašims $\{e_1, e_2, e_3\}$. Elektromagnetiniai laukai $\{B_1, B_2, B_3\}$ yra lygiagretūs galvos fiksuotai koordinačių sistemai $\{h_1, h_2, h_3\}$ [1]



Pav. 2-5. Idealizuota eksperimentinė struktūra [2]

Ritėje c_j elektromagnetinio lauko B_i indukuojama įtampa V_{ij} bus tokia [1]:

$$V_{ij} = R_{ij} \cdot b_i \cdot \omega_i \cdot \sin(\omega_i t), \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (2.8)$$

čia $c_j = |c_j|$ nurodo vektoriaus c_j ilgį.

Ši išraiška duoda tiesioginę posūkio matricos R elementų interpretaciją: elektromagnetinio lauko B_i indukuojama ritėje c_j įtampa yra proporcinga posūkio matricos R elementui R_{ij} , kuris aprašo posūkį iš atramines pozicijos, kur ritės $\{c_1, c_2, c_3\}$ sutampa su elektromagnetiniais laukais $\{B_1, B_2, B_3\}$, į esamą poziciją [1].

Naudojant elektromagnetinį metodą, reikia atlikti kalibravimą. Visuotinai priimta kalibravimo procedūra skirstoma į du tipus: *in vitro* ir *in vivo*. *In vitro* kalibravimas atliekamas, kai matavimų lęšis yra uždėta ant specialaus įtaiso. Tai įtaisas, leidžiantis atlikti tris žinomus kampinius posūkius pagal. Pagal *in vitro* kalibravimą nustatomi ričių jautrio elektromagnetiniam laukui vektoriai. *In vivo* kalibravimas atliekamas, kai lęšis uždėta ant tiriamojo akies. Sukties ritės jautrio elektromagnetiniam laukui vektorių tiesiogiai galima nustatyti tik *in vitro* kalibravimo metu, kadangi tiriamasis negali sąmoningai kontroliuoti sukties kampo.

Dažniausiai elektromagnetiniame metode priimama, kad elektromagnetiniai laukai yra tarpusavyje statmeni ir taip pat jiems yra statmeni (ar lygiagretūs) ričių jautrio elektromagnetiniam laukui vektoriai. Matematinis sukties judesio matavimo modelis sukurtas tokiam atvejui, kai naudojama dviguba tyrimo ritė ir dviejų elektromagnetinių laukų sistema, bus naudojami horizontalūs ir vertikalūs elektromagnetiniai laukai. Naudojant dviejų laukų sistemą bus gaunamos keturios įtampos: dvi iš krypties ritės (angl. *direction coil*) ir dvi iš sukties ritės (angl. *torsion coil*) [1].

Listingo plokštumą aprašoma bendrine plokštumos lygtimi:

$$ax + by + cz + d = 0 \quad (2.9)$$

čia x – horizontali koordinatė; y – vertikali koordinatė; z – sukties koordinatė.

Reikia apskaičiuoti koeficientus a , b , c . Iš plokštumos lygties nustatoma, kad

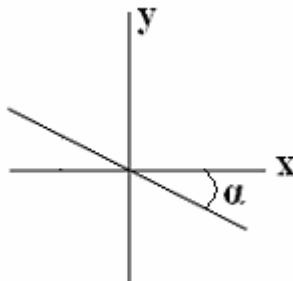
$$z = -\frac{a}{c}x - \frac{b}{c}y - \frac{d}{c} \quad (2.10)$$

Koeficientai randami pagal tokias išraiškas:

$$X = \text{inv}(A) \cdot B \quad (2.11)$$

$$\text{čia } A = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & x_n & y_{n1} \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ z_n \end{bmatrix}$$

Plokštumos pasvirimo kampas nustatomas ją suprojektavus į plokštumas, sudarytas iš stačiakampės sistemos ašių. Gauta plokštumos projekcija aproksimuojama tiese, kurios pasvirimo kampas skaičiuojamas [1]:



Pav. 2-6. Plokštumos pasvirimo kampas

$$\alpha = \text{arctg}\left(\frac{y}{x}\right) \quad (2.12)$$

Plokštuma aprašyta bendrine lygtimi, t.y. $Ax + By + Cz + D = 0$, tai taško $M(x_i, y_i, z_i)$ atstumas nuo šios plokštumos gali būti apskaičiuojamas pagal formulę:

$$d_1 = \frac{Ax_1 + By_1 + Cz_1 + D}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \quad (2.13)$$

Galima apskaičiuoti taškų standartinį nuokrypį:

$$S = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.14)$$

čia

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (2.15)$$

3. Programavimo įrankio parinkimas

Darbe [1] suktyes akių judesiams modeliuoti yra naudojama mokslo grupės sukurta programinė įranga ir specialūs prietaisai. Visas modelis įgyvendintas MATLABTM programa, su ja kurta ir kita reikalinga specializuota programinė įranga.

Kitame šaltinyje [2] yra aprašomi naujausi modeliai, padedantys išsiaiškinti akių raumenų darbą valdant judesius. Kaip nurodo autorius, tie modeliai realizuojami MATLABTM programa.

Lepola T. [3] aprašo sukurta modelį, atliekantį sakinių pažinimą pagal skaitytojo akių judesius. Visa stimulų pateikimo programinė įranga buvo parašyta su C++ programavimo kalba Linux aplinkoje. Dauguma duomenų paruošimo ir rezultatų apdorojimo darbų atliekama MATLABTM aplinkoje.

Žmogaus regėjimas naudoja dėmesio sutelkimo mechanizmus geresniam dominančios informacijos apdorojimui. Aprašomi modeliai, pagrįsti žmogaus akių judesiais dėmesio sutelkimo metu, mašininio regėjimo modeliavimui. Modelio realizavimui naudota C++ programavimo kalba, programa vykdyta Sun Ultra 4 darbinėje stotyje. Priklausomai nuo pateiktų vaizdų dydžio programos darbas truko nuo dviejų iki dešimties minučių [4].

Atliekant vergentinius akių judesius, pasisuka ir Listingo plokštumos [5]. Pasisukimo dydis priklauso nuo daugelio faktorių – stebėjimo atstumo, krypties, stimulo judėjimo ir pan. Šio sudėtingo eksperimento pasiruošimui ir pravedimui autoriai naudojo labai įvairią programinę įrangą, tiek standartinę, tiek savo sukurta. Duomenų apdorojimui ir analizei daugiausiai buvo naudojamas MATLABTM.

Panašūs tyrimai su Listingo plokštumų pasisukimu aprašyti šaltinyje [6]. Kokią programinę įrangą naudojo duomenų gavimui, pateikimui ir apdorojimui autoriai smulkiau nenurodo, tačiau matyti, kad buvo naudotas MATLABTM.

Vestibulookularinis akių judesių modelis nagrinėjamas [7]. Čia matyti, kad autoriai duomenų apdorojimui naudoja MATLABTM.

James W. Gnadt [8] primatų greitų akių judesių generavimui naudoja objektiškai orientuotą grafinio programavimo kalbą LabView.

Išnagrinėjus keletą straipsnių ir remiantis tiesioginiais pokalbiais su tyrėjais, dirbančiais Šiaulių universitete, galima daryti išvadą, kad programavimo įrankis MATLABTM yra labiausiai paplitęs ir patogiausias akių judesių modeliavimo ir analizės uždaviniuose.

MATLABTM sistema turi įrankių ir priemonių rinkinį, padedantį dirbti su jos funkcijomis ir failais. Daugelis šių priemonių yra naudojamos per grafinę vartotojo sąsają. Tai darbatalio ir komandų langai,

komandų vykdymo istorija, redagavimo ir derinimo priemonės, galimybė peržiūrėti pagalbos sistemą, failus ir kt.

Sistema turi daug įvairių funkcijų, pradedant paprastomis ir baigiant sudėtingomis – atvirkštinių matricių, jos nuosavų reikšmių ir kitais veiksmais su matricomis atlikimo, Beselio funkcijų ir sparčiosios Furjė transformacijos atlikimo ir daugelį kitų.

MATLAB™ programavimo kalba, tai aukšto lygio kalba, turinti sakinių vykdymo tvarkos keitimo operatorius, funkcijas, duomenų struktūras, duomenų įvedimą/išvedimą ir objektinio programavimo galimybes. Tai leidžia kurti ne tik paprastas, bet ir sudėtingas programas.

Sistema turi gerai išvystytas priemones vektorių ir matricių rodymui grafikų pavidalu, jų apiforminimui ir spausdinimui. Jos apima aukšto lygio funkcijas dvimačių ir trimačių duomenų vizualizavimui, vaizdų apdorojimui, animacijai ir pristatymas rengti. Taip pat turi ir žemo lygio funkcijas paprasto grafiko sudarymui ar vartotojo sąsajai sukurti.

Atsižvelgiant į analizės rezultatus ir teikiamas galimybes, programavimo įrankiu pasirenkama MATLAB™ sistema.

4. Modeliavimo sistemos projektavimas

4.1. Sistemos paskirtis

4.1.1. Projekto kūrimo pagrindas

Šio projekto kūrimo pagrindas yra nekomercinės programinės įrangos (toliau PĮ), kuria galima atlikti akių sukties judesių matematinį modeliavimą, eksperimentinių duomenų analizę, sukūrimas. Norima, kad sukurtoji PĮ būtų naši, reikalaujanti mažai resursų, patogi naudotis bei prieinama kiekvienam moksliniam tyrėjui.

4.1.2. Sistemos tikslai (paskirtis)

PĮ skirta eksperimentinių duomenų, užregistruotų akių judesių registravimo įrenginiais, apdorojimui, vizualizavimui ir analizei. Programa dirba tik su skaitiniais duomenimis. Dirbant su programa galima analizuoti ir jau apdorotus akių judesius. Programos darbo rezultatus galima išsaugoti.

4.2. Projekto dalyviai

4.2.1. Užsakovas

Darbo vadovė – doc. dr. Sigita Turskienė

4.2.2. Vykdytojas

Magistrantas Vytautas Bernotas

4.3. Vartotojai

Lentelė 4.1

Vartotojo kategorija	Tyrėjas
Vartotojo sprendžiami uždaviniai:	Programos pagalba atlieka eksperimentinių duomenų modeliavimą, analizę ir vizualizavimą.
Patirtis dalykinėje srityje:	Įprastas darbuotojas.
Patirtis informacinėse technologijose:	Turintis patirties.
Papildomos vartotojo charakteristikos:	Visų programos funkcijų pritaikymui reikia būti susipažinus su jomis, jų veikimu.
Apsimokymo poreikis:	Reikia.
Amžiaus grupė:	18-80.

4.4. Įpareigojantys apribojimai

4.4.1. Apribojimai sprendimui

Minimalūs

RAM	256 MB
Procesorius	1,0 Ghz
Diskas	80 GB
Vaizdo plokštė	128 MB
Monitorius	palaikantis 800x600 taškų skiriamąją gebą

Optimalūs

RAM	512 MB
Procesorius	2,0 Ghz
Diskas	120 GB
Vaizdo plokštė	256 MB
Monitorius	palaikantis 1024x768 taškų skiriamąją gebą

4.4.2. Diegimo aplinka

PĮ bus diegiama kompiuteriuose, naudojančiose *Windows XP* arba *Windows Vista* operacines sistemas (toliau OS).

4.4.3. Bendradarbiaujančios sistemos

Sukurta PĮ bendradarbiaus su šiomis sistemomis, programomis (komponentais):

1. „Notepad“ – duomenų peržiūrai tekstiniame faile;
2. „*Windows Picture and Fax Viewer*“ – išsaugotų rezultatų grafiniame pavidale peržiūrai.

4.4.4. Numatoma darbo vietos aplinka

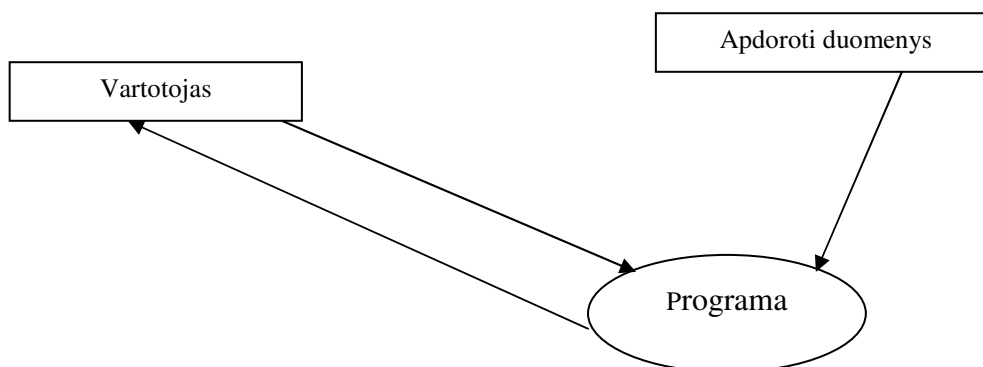
Standartinė mokslininko darbo vieta, kurioje galima patogiai naudotis kompiuteriu ir atlikti norimų duomenų apdorojimą ir analizę programos pagalba.

4.4.5. Sistemos kūrimo terminai

Lentelė 4.2

Eil. Nr.	Užduotis	Terminas	Pastabos
1.	Uždavinio analizė	2008-02-28	
2.	Projektavimas	2008-06-30	
3.	Projektavimas ir programavimas	2009-02-28	
4.	Testavimas	2009-04-01	
5.	Dokumentacijos koregavimas	2009-04-15	
6.	Sukurtos programos pristatymas užsakovui	2009-04-30	

4.5. Veiklos kontekstas



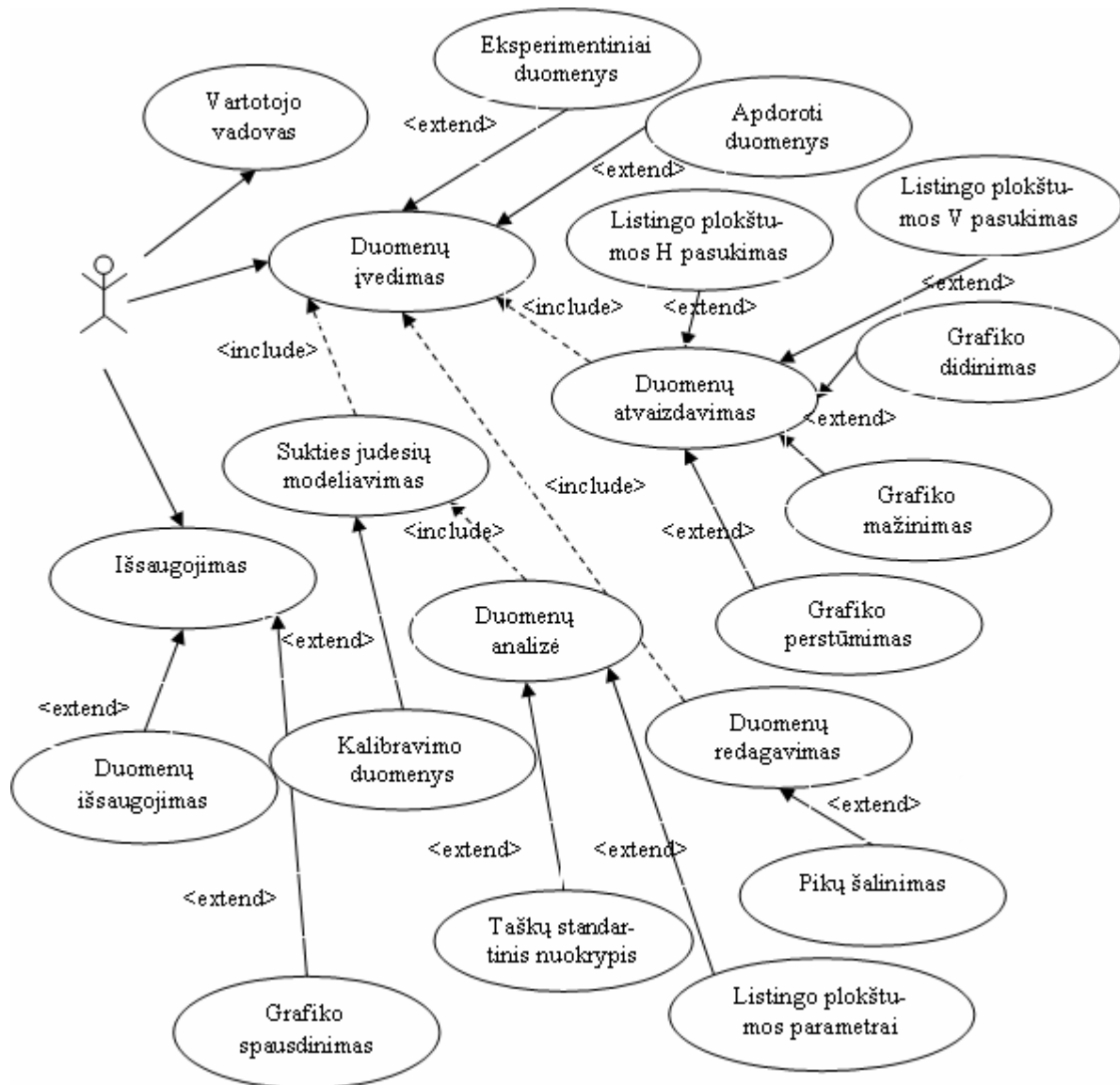
Veiklos padalinimas.

Lentelė 4.3

Eil.Nr.	Įvykio pavadinimas	Įeinantys/išeinantys srautai
1.	Rezultato pateikimas	Pateikiami apdorotų failų duomenys (in).
2.	Duomenų įvedimas	Vartotojas įveda duomenis į programą (in).
3.	Duomenų pateikimas	Programa pateikia vartotojui apdorotus duomenis (out).

4.6. Produkto veiklos sfera

4.6.1. Sistemos ribos



Pav. 4-1. Kuriamos programos panaudojimo atvejų diagrama

4.6.2. Panaudojimo atvejų sąrašas

Panaudojimo atvejai aprašyti priede 13.1.

4.7. Funkciniai reikalavimai ir reikalavimai duomenims

4.7.1. Funkciniai reikalavimai

Funkciniai reikalavimai pateikti priede 13.2.

4.7.2. Reikalavimai duomenims

Programos veikimas galimas tik su skaitiniais duomenimis. Reikalaujama, kad įvedami duomenys būtų suvesti tinkamai ir jų tikslumas priklauso nuo įrenginio ir programos, kuri tuos duomenis suvedė į failą.

4.8. Reikalavimai sistemos išvaizdai

Reikalavimai sistemos išvaizdai pateikti priede 13.3.

4.9. Reikalavimai panaudojamumui

Pateikti priede 13.4.

4.10. Reikalavimai vykdymo charakteristikoms

Pateikti priede 13.5.

4.11. Pritaikymas

Programa gali būti pritaikoma ten, kur yra atliekami akių judesių registravimas ir gautų eksperimentinių duomenų analizė.

4.12. Galimos sistemos kūrimo rizikos

Lentelė 4.4

Rizikos faktorius	Tikimybinis įvertinimas (%)
Reikalavimų specifikacijos pasikeitimai realizavimo fazėje	10
Vėlavimas pristatyti vartotojui produktą	5
Išsamus programos testavimas ir klaidų ištaisymas	5

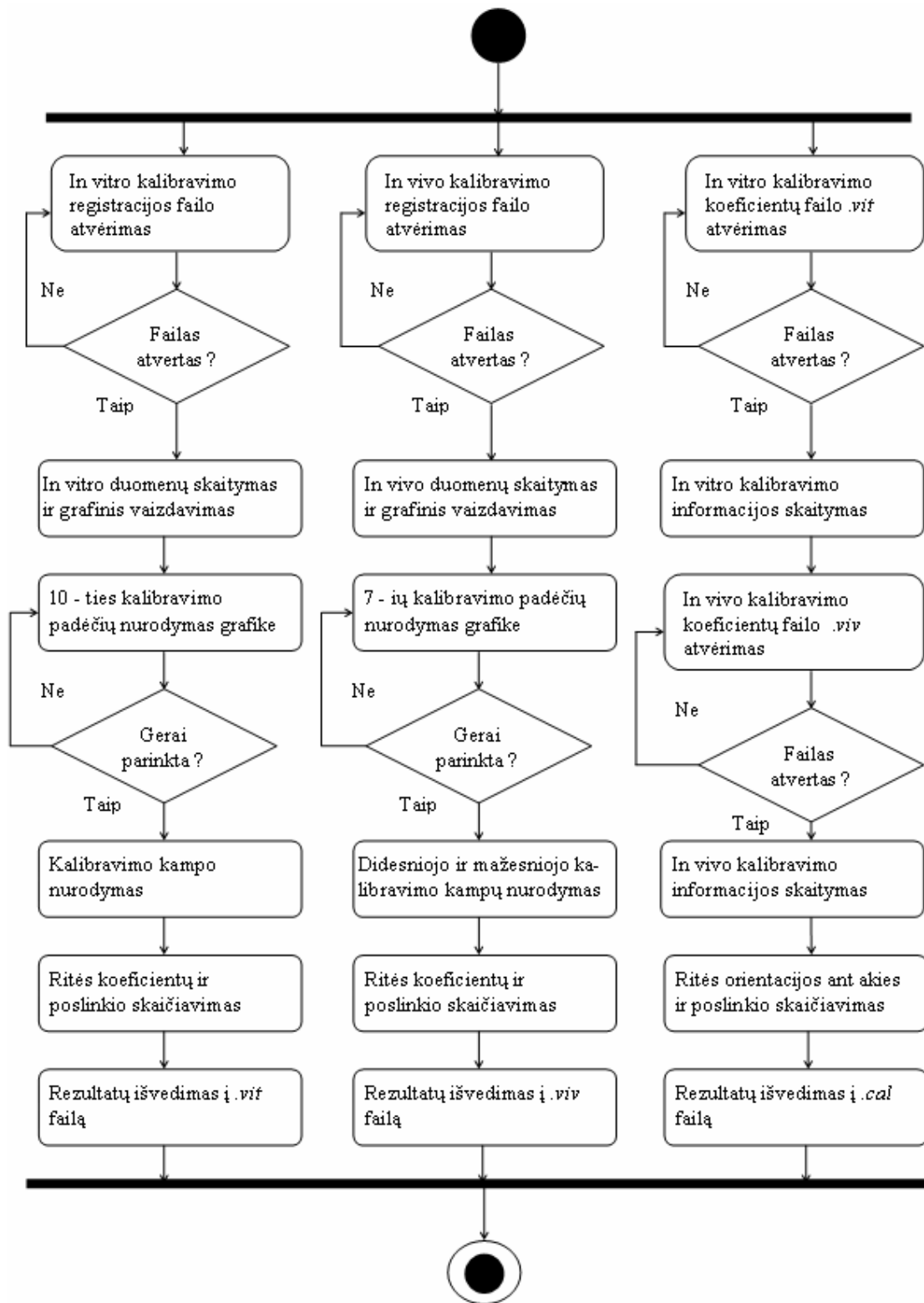
4.13. Perspektyviniai reikalavimai

1. Papildyti programą galimybe pašalinti nurodytą duomenų dalį, kuri eksperimentatoriaus nuomone yra netinkama. Išspręsti problemą, kaip tuos duomenis sujungti.
2. Patobulinti aparatūrinių pikų pašalinimo programą.
3. Papildyti Listingo plokštumų rodymo programą galimybe stebėti jos projekcijas.
4. Galimybė atlikti papildomas duomenų apdorojimo funkcijas – glotninimą, filtravimą.
5. Galimybė pagal vartotojų nuomonę sukurti patobulintą, patogesnę programos vartotojo sąsają.

5. Sistemos dinaminis vaizdas

Sistemos dinaminis vaizdas aprašo sistemos elgseną ir/arba poveikį į jos darbo eigos srautus. Aktoriaus veiksmai iššaukia sistemos panaudojimo atvejus.

5.1. Veiklos diagrama



Pav. 5-1. Sistemos dinaminis vaizdas

5.2. Būsenų detalizavimo aprašymas

Priede 13.6 kiekvienai būsenai pateikiamas jos trumpas aprašymas.

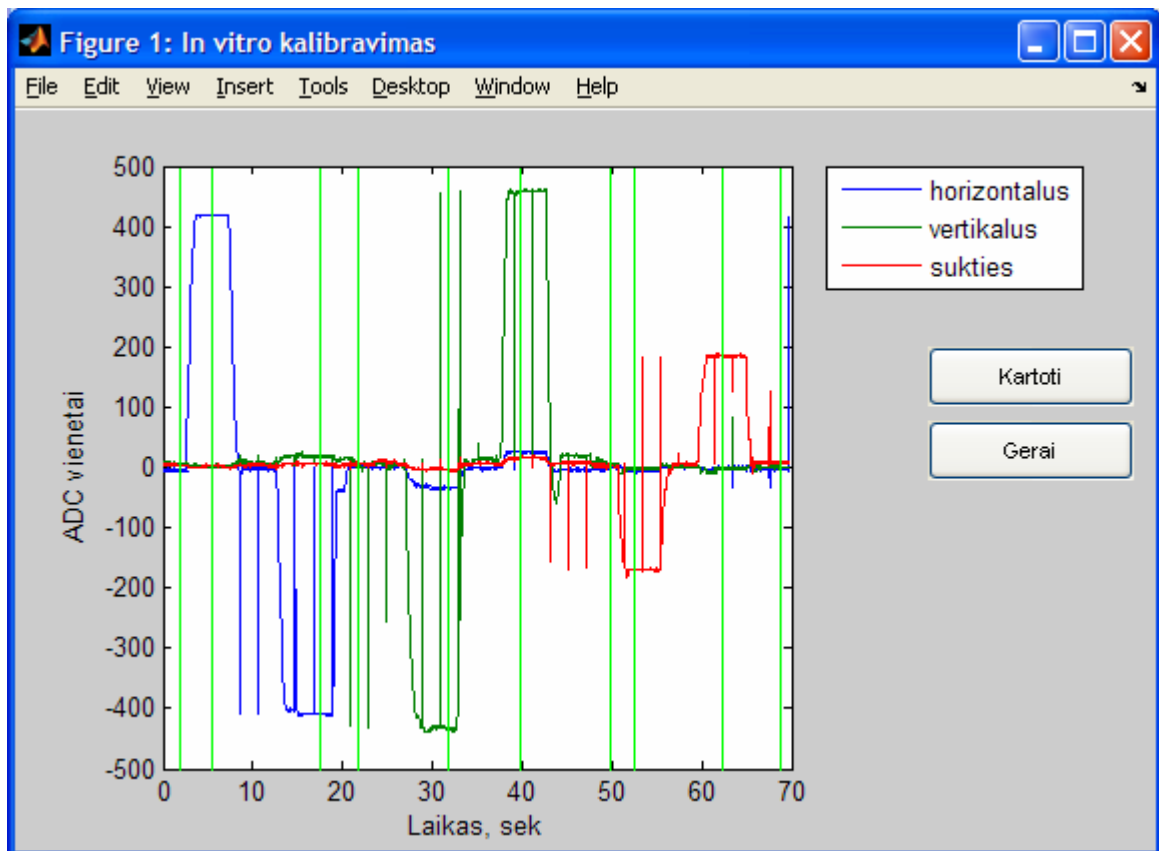
6. Modeliavimo eigos aprašymas

6.1. In vitro kalibravimas

Bendrai priimta kalibravimo procedūra susideda iš dviejų dalių. Pirmoji iš jų yra *In vitro* kalibravimas, kurio metu žiedas yra dedama į specialų įtaisą, leidžiantį atlikti tris žinomus kampinius posūkius. Apdorojus užregistruotus duomenis, gaunami ritės jautrio elektromagnetiniam laukui vektoriai. Sukties ritės jautrio vektorių galima nustatyti tik šio kalibravimo metu, nes žmogus negali sąmoningai keisti akies sukties kampą.

Padėčių apėjimo tvarka būna nustatyta iš anksto dėl tos priežasties, kad programos darbo metu tas padėtis reikės nurodyti grafike. Naudojamuose failuose ji yra tokia: nulis – dešinė – kairė – nulis – viršus – apačia – nulis – prieš laikrodžio rodyklę – pagal laikrodžio rodyklę – nulis. Visi posūkio kampai šiuose failuose buvo 20°.

Žiedai, kurie bus naudojami eksperimente, yra kalibruojami iš anksto ir naudojami tik vienam bandomajam. Taip pat jie yra skirtingi kairiajai ir dešiniajai akiai. Kitam eksperimentui žiedai, kalibruojami iš naujo. Todėl kalibravimo duomenys yra glaudžiai susiję su eksperimento metu gautais duomenimis – to pačio žiedo kalibravimo duomenys, atlikti prieš vieną eksperimentą, negali būti naudojami kitu laiku atliktam eksperimentui, jei žiedai buvo nuimti nuo akies. Iškvietus programą *Cal_In_Vitro*, atveriamas langas, kuriame reikia pažymėti atitinkamas akies padėčiai vietas grafike (Pav. 6-1).



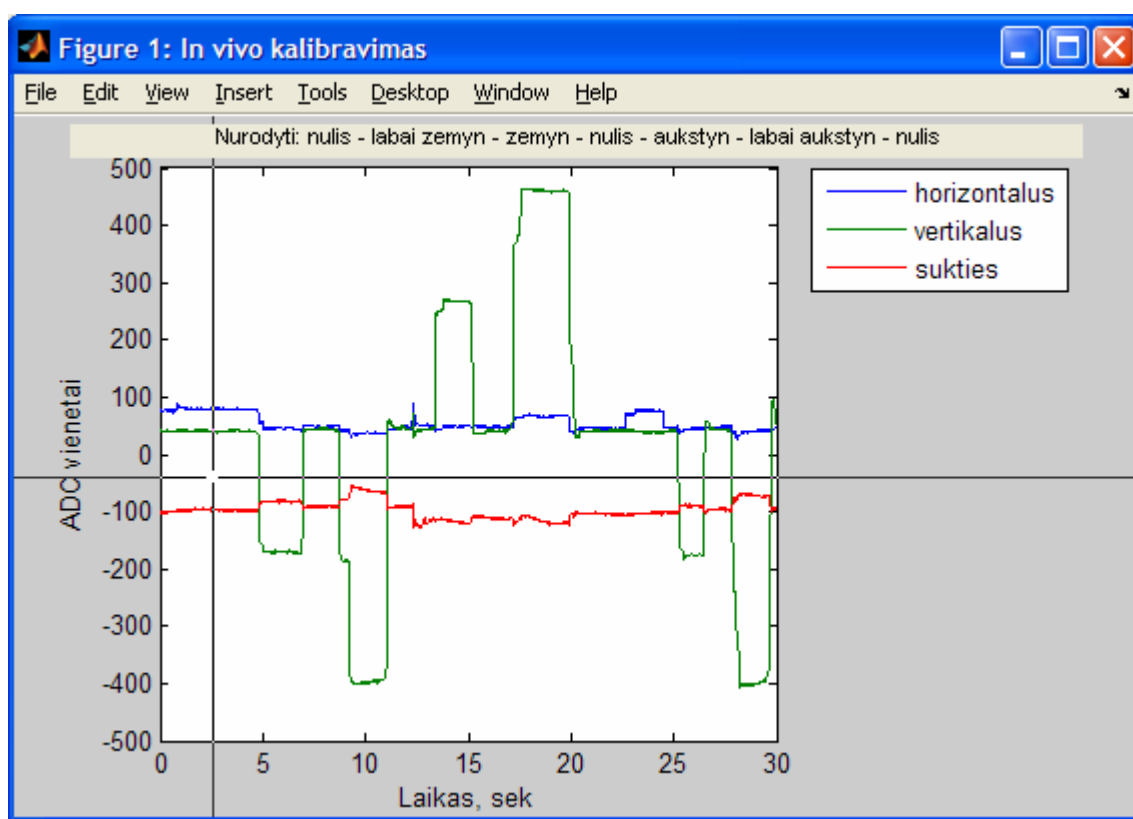
Pav. 6-1. Programos langas su pažymėtomis padėtimis (failas LC4.OUT)

Programos darbo rezultatas yra konkretaus žiedo jautrio parametrai įsiminti faile su tokiu pačiu pavadinimu kaip ir buvo registracijos failas, tik pridodamas plėtinys *.vit*. Tai palengvina tolimesnį darbą, modeliuojant suktes judesius.

6.2. In vivo kalibravimas

Antroji kalibravimo dalis yra *in vivo* kalibravimas. Šis kalibravimas atliekamas, kai žiedas uždėtas ant žmogaus akies, jis sėdi matavimo kube ir atlieka pateikiamų kalibravimo taškų stebėjimą. Uždėjus žiedą ant akies, jis šiek tiek deformuojasi, todėl vien *in vitro* kalibravimo duomenų neužtenka. Tam naudojamas šis kalibravimo būdas, ir čia taip pat nustatomi žiede esančių ričių jautrio elektromagnetiniam laukui vektoriai. Realizuojamame modelyje *in vivo* kalibravimo metu yra atliekami tik vertikalūs akių judesiai, nes kitos jautrio vektoriaus komponentės yra apskaičiuojamos.

Paveikslėlyje Pav. 6-2 pateiktas programos langas, kai atveriamas neapdorotų duomenų, gautų iš akių judesių matuoklio *in vivo* kalibravimo metu.



Pav. 6-2. Programos *Cal_In_Vivo* programos langas prieš apėjimo padėčių nurodymą

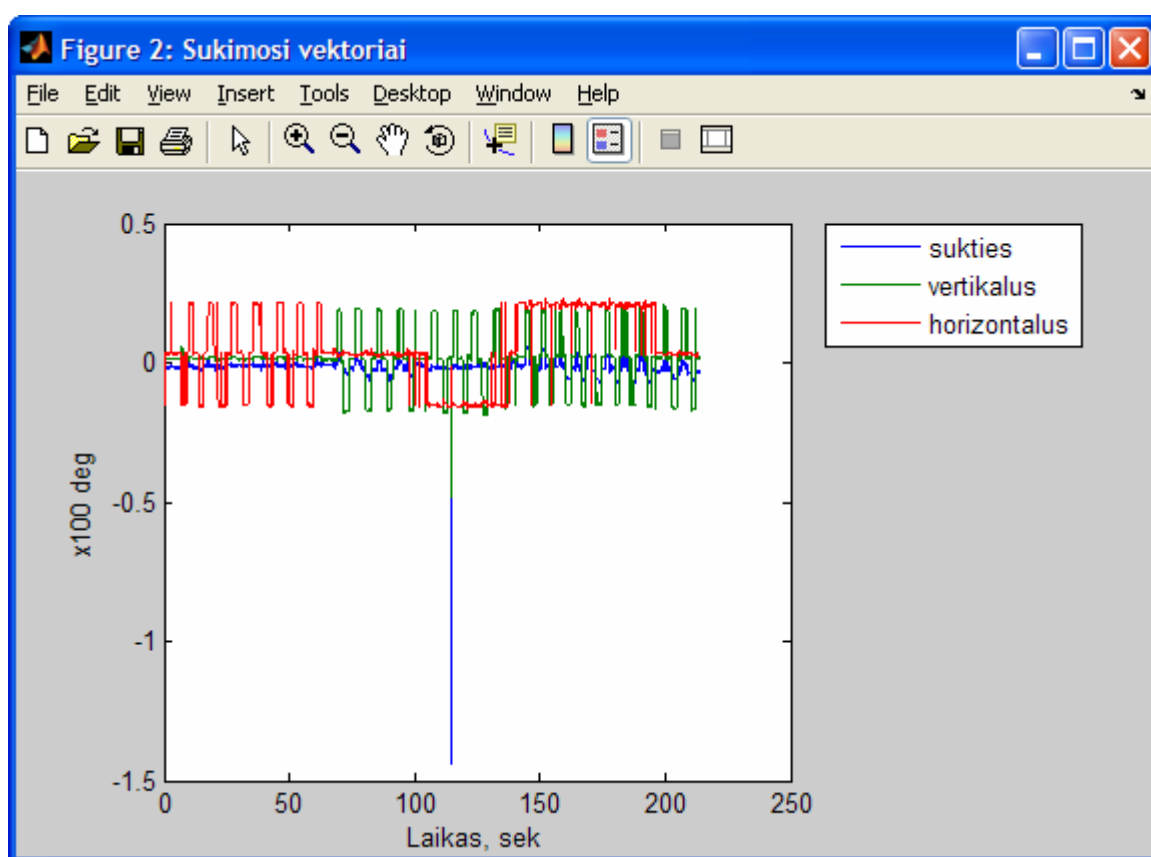
Programos lango viršuje yra eilutė su nurodymu, kokia tvarka reikia pažymėti akies judesio pozicijas. Tai atlikus, reikia įvesti didesniojo ir mažesniojo vertikalųjų akies judesių kampus. Duotame eksperimente jie buvo atitinkamai 20° ir 10°. Rezultatai įrašomi į failą, kurio pavadinimas sutampa su duomenų failo pavadinimu, o plėtinys yra *.viv*.

6.3. Galutinės kalibravimo informacijos gavimas

Pasinaudojant *in vitro* ir *in vivo* kalibravimo metu gautais duomenimis, su programa *calibr* apskaičiuojama ričių orientacija ant akies ir poslinkis. Darbo palengvinimui, atvėrimo languose pateikiama filtruota informacija, padedanti teisingiau pasirinkti reikalingus duomenis. Gauti rezultatai įrašomi į pasirinkto pavadinimo failą su plėtiniu *.cal*.

6.4. Pervedimas į sukimosi vektorius

Pasinaudojant akies sukties judesių matavimo elektromagnetiniu metodu matematiniu modeliu programa *Raw2rot*, perskaičiuoja akies judesio registracijos duomenis į sukimosi vektorius. Tam naudojami konkretios akies kalibravimo duomenys. Paveikslėlyje Pav. 6-3 pateiktas programos langas perskaičius vieną iš eksperimento duomenų failo (PLANCLL.OUT) duomenis į sukimosi vektorius.



Pav. 6-3. Eksperimento akies judesiai sukimosi vektoriais

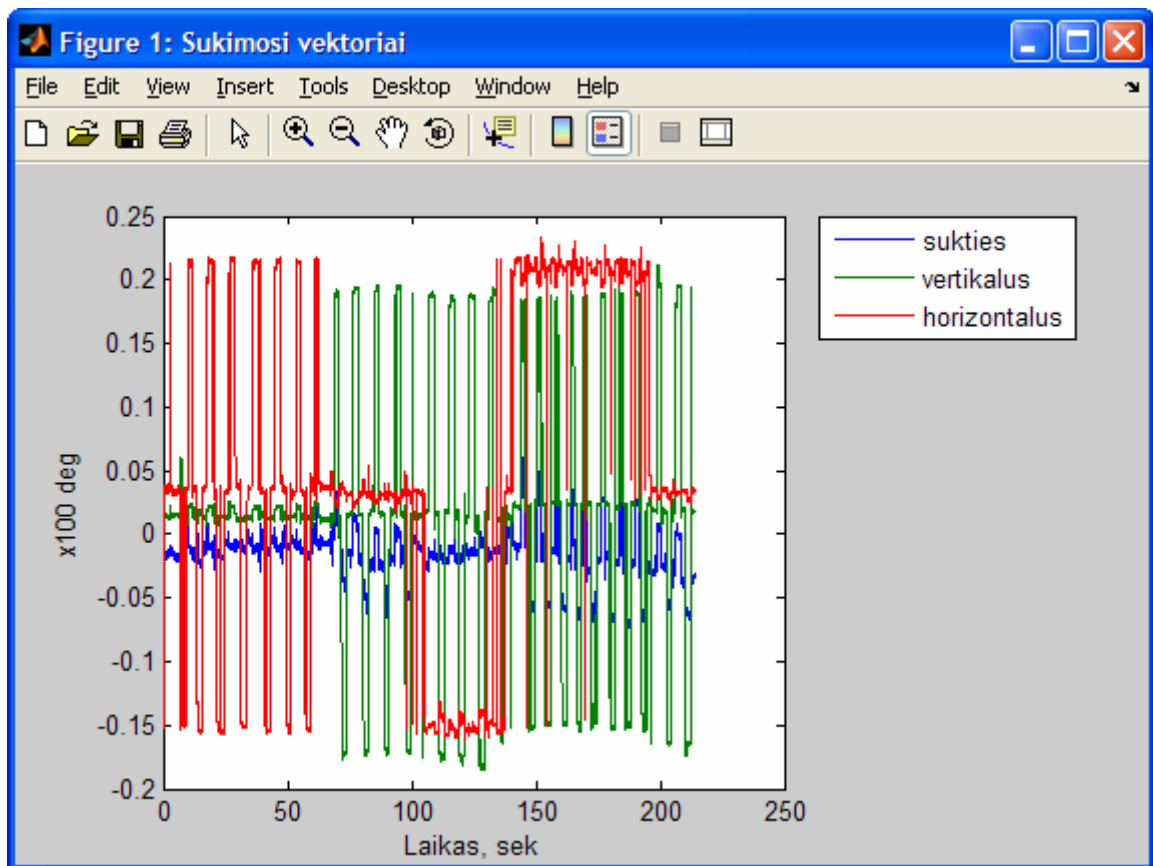
Grafike matosi didelis aparatūrinis pikas, kuris iškreipia vaizdą ir neigiamai veikia tolimesnius skaičiavimus.

Su šia programa yra apdorojami visi eksperimento metu gauti kairiosios ir dešinėsios akies judesių duomenys, pritaikant atitinkamus kalibravimo duomenis.

6.5. Aparatūrinių pikų šalinimas

Registruojant akių judesius elektromagnetiniu būdu naudota aparatūrinė įranga dėl nežinomų priežasčių dažnai išduodavo vieną ar kelias per registraciją dideles – maksimalias kiek leisdavo analoginis

skaitmeninis keitiklis arba mažesnes reikšmes, kurių trukmė yra kelios atskaitos. Žmogaus akis per tokį trumpą laiką negali padaryti tokio didelio judesio ir grįžti atgal į beveik tokią pat padėtį. Šios reikšmės įtakoja Listingo plokštumų parametrus, kuomet jie yra skaičiuojami. Buvo sukurta programa tokiems pikams šalinti *peaks_out*. Jos darbas pagrįstas registracijos diferencijavimu, reikšmių, viršijančių nurodytą reikšmę, radimu ir jų šalinimu duomenis sujungiant. Tai neiššaukia naujų pikų atsiradimo, nes duomenys prieš piką ir po jo skiriasi labai nedaug. Paveikslėlyje Pav. 6-4 parodyta, kaip atrodo akies judesio sukimosi vektoriai iš Pav. 6-3 apdoroti šia programa.



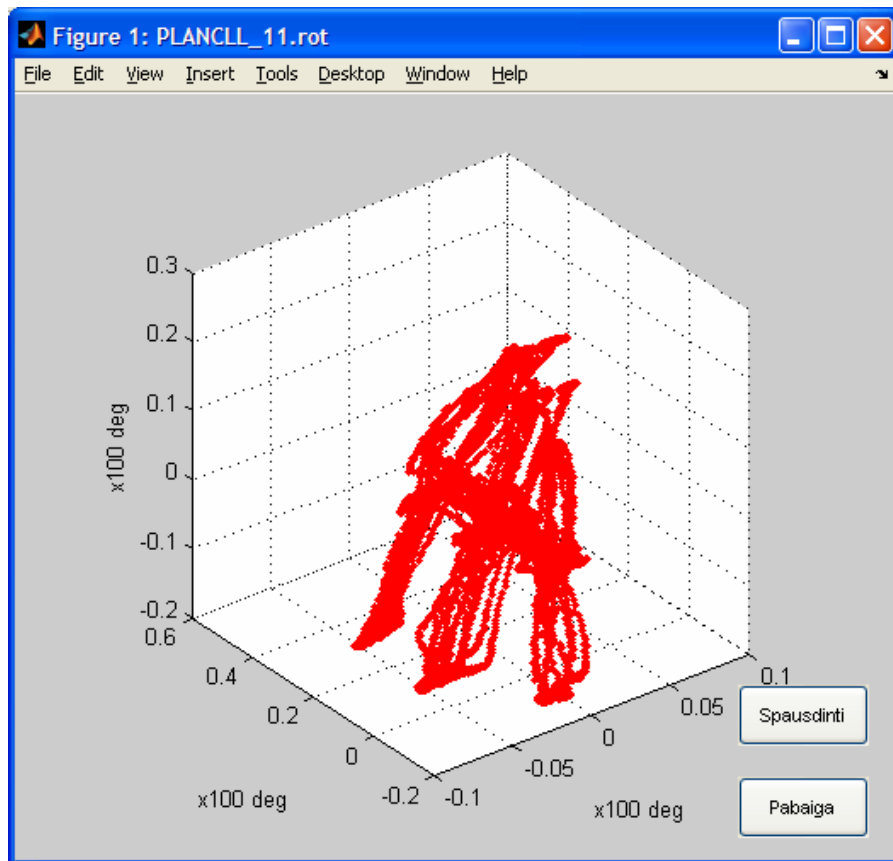
Pav. 6-4. Akies judesių sukimosi vektoriai pašalinus viena didelį piką

Jau ir šiame paveikslėlyje matosi, kad tokiuose duomenyse yra ir daugiau labai trumpų akies judesių, kurių dydis panašus į tuos, kur akis tikrai buvo pasisukusi. Dėl tos priežasties, pikų šalinimo programą reikia kartoti keletą kartų vis mažinant lygio reikšmę.

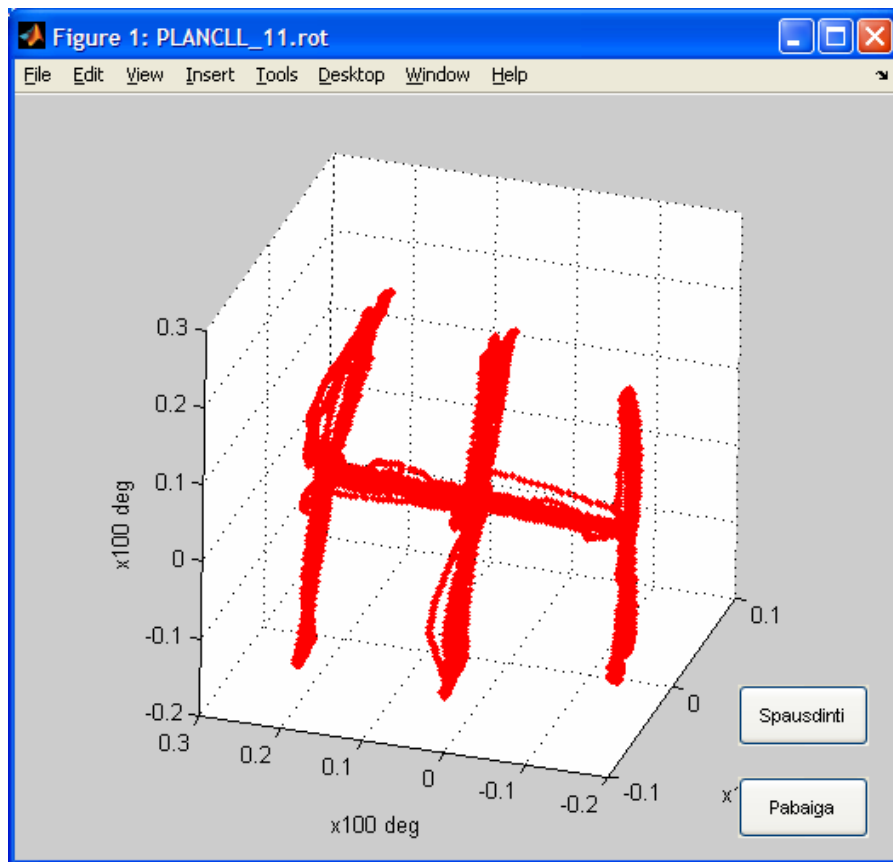
Apdorojus duomenis, atsiveria jų išsaugojimo failo vardo nurodymo langas ir suteikiama galimybė išsaugoti kitu vardu. Taip yra neprarandami prieš tai turėti duomenys, jei šalinimo procesas nepavyko.

6.6. Rezultatų pateikimas

Rezultatų gavimui sukties vektorių failas yra apdorojamas programa *listreg*. Ši programa pateikia erdvinį taškų išsidėstymą ir į failą įrašo plokštumos koeficientus, standartinį nuokrypį ir vektorių parametrus. Failo tipas yra tekstinis, o vardas formuojamas iš apdorojamų duomenų failo vardo pridėdant plėtinį. Paveikslėlyje Pav. 6-5 pateiktas vieno iš apdorotų duomenų failų pirminis vaizdas, o paveikslėlyje Pav. 6-6 – tų pačių duomenų pasuktas vaizdas.



Pav. 6-5. Pradinis sukimosi vektorių vaizdas



Pav. 6-6. Tie patys duomenys pasukti apie vertikalią ašį

7. Testavimas

Kuriant programą, reikia nuolatos tikrinti ar visos funkcijos veikia taip, kaip buvo suprojektuota. Pabaigus kūrimą būtina atlikti išsamų sistemos testavimą, kurio tikslas – išsiaiškinti ar sistemos darbas nesutriks perkėlus ją į kitą operacinę sistemą, ar visos funkcijos veikia deramai, nustatyti programos našumo charakteristikas, įvertinti programos suderinamumą su skirtingomis operacinėmis sistemomis, aptikti programos spragas. Pagrindiniai testavimo tikslai yra tokie:

- Patikrinti programinės įrangos kokybę
- Nustatyti išskylančias problemas
- Įvertinti rizika
- Nurodyti žalą
- Patikrinti programų funkcijų veikimą
- Įvertinti programinės įrangos našumą
- Patikrinti programinės įrangos atstatymą
- Patikrinti programinės įrangos suderinimą

7.1. Testavimo resursai

Testavimas atliekamas su dvejais kompiuteriais.

PC Nr. 1	Operacinė sistema: Windows XP Professional + SP3; Procesorius: AMD Sempron 2800+ (2 GHz); Darbinė atmintis: 1 GB; Vaizduoklis 19“; Vaizdo plokštė 256 MB neintegruota HDD: 7200 rpm
PC Nr. 2	Operacinė sistema: Windows XP Professional + SP2; Procesorius: AMD Turion (1,6 GHz); Darbinė atmintis 512 MB; Vaizduoklis 17“; Vaizdo plokštė 64 MB integruota HDD: 5400 rpm

7.2. Pagrindiniai apribojimai

- Operacinė sistema turi būti *Windows* XP arba aukštesnė
- Testavimui naudojama ne žemesnė, kaip MATLAB™ 7 versija

7.3. Programinės įrangos funkcijų testavimas

PĮ funkcijų testavimo atvejai ir gauti rezultatai

Lentelė 7.1

Testo tikslas:		Duomenų įkėlimas iš failo ir rodymas programos lange				
Testo ID	Reikalavimai/tikslai	Įvykis/įvestis	Laukiamas rezultatas	Gautas rezultatas	T/N	Pastabos
#1	Neapdorotų duomenų rodymas	Naudojama programa <i>Show_dmp</i> ir atveriamas neapdorotų duomenų failas	Duomenys įkeliami ir vykdomi tolimesni veiksmai	Duomenys įkelti	T	
#2	Apdorotų duomenų rodymas	Naudojama programa <i>Show_rot</i> ir atveriamas apdorotų duomenų failas	Duomenys įkeliami ir vykdomi tolimesni veiksmai	Duomenys įkelti	T	

Testo tikslas:		Duomenų kalibravimas ir apdorojimas				
Testo ID	Reikalavimai/tikslai	Įvykis/įvestis	Laukiamas rezultatas	Gautas rezultatas	T/N	Pastabos
#3	In vitro kalibravimo patikrinimas	Naudojama programa <i>Cal_In_vitro</i> ir in vitro kalibravimo duomenys	Kalibravimo rezultatų gavimas	Rezultatai gauti	T	
#4	In vivo kalibravimo patikrinimas	Naudojama programa <i>Cal_In_vivo</i> ir in vivo kalibravimo duomenys	Kalibravimo rezultatų gavimas	Rezultatai gauti	T	
#5	Galutinių kalibravimo duomenų gavimo patikrinimas	Naudojama programa <i>calibr</i> , in vitro ir in vivo kalibravimo duomenys	Kalibravimo rezultatų gavimas	Rezultatai gauti	T	
#6	Duomenų perskaičiavimas į sukimosi vektorius	Naudojama programa <i>Raw2rot</i> , kalibravimo ir neapdoroti duomenys	Sukimosi vektorių gavimas	Rezultatai gauti	T	
#7	Aparatūrinių pikų pašalinimo tikrinimas	Naudojama programa <i>peaks_out</i> ir apdoroti duomenys	Duomenys be aparatūrinių iki nurodyto lygio	Rezultatai gauti	T	

Testo tikslas:		Rezultatų išsaugojimas ir pateikimas				
Testo ID	Reikalavimai/tikslai	Įvykis/įvestis	Laukiamas rezultatas	Gautas rezultatas	T/N	Pastabos
#8	Visų programų rezultatų išsaugojimo veikimo patikrinimas	Naudojamos visos programos ir atitinkami įėjimo duomenys	Atitinkami rezultatai	Rezultatai gauti	T	
#9	Rezultatų pateikimo tikrinimas	Naudojama programa <i>listreg</i> ir apdoroti duomenys	Rezultatų erdvinis vaizdas	Rezultatai gauti	T	

Testo tikslas:		Programų mygtukų veikimas				
Testo ID	Reikalavimai/tikslai	Įvykis/įvestis	Laukiamas rezultatas	Gautas rezultatas	T/N	Pastabos
#10	Patikrinama, kaip veikia programų mygtukai	Atliekami visi programose numatyti veiksmai	Atitinkamos funkcijos vykdymas	Funkcijos vykdomos	T	

7.4. Charakteristikų testavimas

7.4.1. Našumo testavimas

Programų našumo testavimo rezultatai.

Lentelė 7.2

Testo tikslas:		Programų startavimas				
Testo ID	Reikalavimai/tikslai	Įvykis/įvestis	Laukiamas rezultatas	Gautas rezultatas	T/N	Pastabos
#1	Patikrinama, kaip programa <i>Cal_In_vitro</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programos startavimas kompiuteryje Nr.1	Programos startavimas	Programa startavo per $\approx 0,5$ s	T	
#2	Patikrinama, kaip programa <i>Cal_In_vivo</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programos startavimas kompiuteryje Nr.1	Programos startavimas	Programa startavo per $\approx 0,5$ s	T	
#3	Patikrinama, kaip programa <i>calibr</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programos startavimas kompiuteryje Nr.1	Programos startavimas	Programa startavo per $\approx 0,5$ s	T	
#4	Patikrinama, kaip programa <i>Raw2rot</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programos startavimas kompiuteryje Nr.1	Programos startavimas	Programa startavo per $\approx 0,5$ s	T	
#5	Patikrinama, kaip programa <i>peaks_out</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programos startavimas kompiuteryje Nr.1	Programos startavimas	Programa startavo per $\approx 0,5$ s	T	
#6	Patikrinama, kaip programa <i>listreg</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programos startavimas kompiuteryje Nr.1	Programos startavimas	Programa startavo per $\approx 0,5$ s	T	
#7	Patikrinama, kaip programa <i>Show_rot</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programos startavimas kompiuteryje Nr.1	Programos startavimas	Programa startavo per $\approx 0,5$ s	T	
#8	Patikrinama, kaip programa <i>Show_dmp</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programos startavimas kompiuteryje Nr.1	Programos startavimas	Programa startavo per $\approx 0,5$ s	T	
#9	Patikrinama, kaip programa <i>Cal_In_vitro</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programų startavimas kompiuteryje Nr.2	Programų startavimas	Programa startavo per $< 1,0$ s	T	
#10	Patikrinama, kaip programa <i>Cal_In_vivo</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programų startavimas kompiuteryje Nr.2	Programų startavimas	Programa startavo per $< 1,0$ s	T	

#11	Patikrinama, kaip programa <i>calibr</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programų startavimas kompiuteryje Nr.2	Programų startavimas	Programa startavo per <1,0 s	T	
#12	Patikrinama, kaip programa <i>Raw2rot</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programų startavimas kompiuteryje Nr.2	Programų startavimas	Programa startavo per <1,0 s	T	
#13	Patikrinama, kaip programa <i>peaks_out</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programų startavimas kompiuteryje Nr.2	Programų startavimas	Programa startavo per <1,0 s	T	
#14	Patikrinama, kaip programa <i>listreg</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programų startavimas kompiuteryje Nr.2	Programų startavimas	Programa startavo per <1,0 s	T	
#15	Patikrinama, kaip programa <i>Show_rot</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programos startavimas kompiuteryje Nr.2	Programos startavimas	Programa startavo per <1,0 s	T	
#16	Patikrinama, kaip programa <i>Show_dmp</i> startuoja testui naudojamuose kompiuteriuose	Programos startavimas kompiuteryje Nr.2	Programos startavimas	Programa startavo per <1,0 s	T	

Testo tikslas:		Skirtingo duomenų kiekio apdorojimas				
Testo ID	Reikalavimai/tikslai	Įvykis/įvestis	Laukiamas rezultatas	Gautas rezultatas	T/N	Pastabos
#17	Patikrinama, kaip programa <i>Raw2rot</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	492 KB (planfl.out) apdorojimas kompiuteriu Nr.1	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdoroti per ≈0,7 s	T	
#18	Patikrinama, kaip programa <i>Raw2rot</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	492 KB (planfl.out) apdorojimas kompiuteriu Nr.2	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdoroti per ≈1,3s	T	
#19	Patikrinama, kaip programa <i>Raw2rot</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	185 KB (revvl.out) apdorojimas kompiuteriu Nr.1	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdoroti per ≈0,5 s	T	
#20	Patikrinama, kaip programa <i>Raw2rot</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	185 KB (revvl.out) apdorojimas kompiuteriu Nr.2	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdoroti per ≈1,0 s	T	

Testo tikslas:		Skirtingo rezultatų kiekio pateikimas				
Testo ID	Reikalavimai/tikslai	Įvykis/įvestis	Laukiamas rezultatas	Gautas rezultatas	T/N	Pastabos
#21	Patikrinama, kaip programa <i>listreg</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	745 KB (planfl.rot) apdorojimas kompiuteriu Nr.1	Duomenų pateikimas	Duomenys pateikiami per ≈1,1 s	T	
#22	Patikrinama, kaip	745 KB (planfl.rot)	Duomenų	Duomenys patei-	T	

	programa <i>listreg</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	apdorojimas kompiuteriu Nr.2	pateikimas	kiami per $\approx 1,5$ s		
#23	Patikrinama, kaip programa <i>listreg</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	197 KB (Planfl_cut.rot) apdorojimas kompiuteriu Nr.1	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdorojami per $\approx 0,7$ s	T	
#24	Patikrinama, kaip programa <i>listreg</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	197 KB (Planfl_cut.rot) apdorojimas kompiuteriu Nr.2	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdorojami per $\approx 1,0$ s	T	
#25	Patikrinama, kaip programa <i>Show_rot</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	745 KB (planfl.rot) apdorojimas kompiuteriu Nr.1	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdorojami per $\approx 0,8$ s	T	
#26	Patikrinama, kaip programa <i>Show_rot</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	745 KB (planfl.rot) apdorojimas kompiuteriu Nr.2	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdorojami per $\approx 1,0$ s	T	
#27	Patikrinama, kaip programa <i>Show_rot</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	197 KB (Planfl_cut.rot) apdorojimas kompiuteriu Nr.1	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdorojami per $\approx 0,5$ s	T	
#28	Patikrinama, kaip programa <i>Show_rot</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	197 KB (Planfl_cut.rot) apdorojimas kompiuteriu Nr.2	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdorojami per $\approx 1,0$ s	T	
#29	Patikrinama, kaip programa <i>Show_dmp</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	492 KB (planfl.out) apdorojimas kompiuteriu Nr.1	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdorojami per $\approx 0,8$ s	T	
#30	Patikrinama, kaip programa <i>Show_dmp</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	492 KB (planfl.out) apdorojimas kompiuteriu Nr.2	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdorojami per $\approx 1,0$ s	T	
#31	Patikrinama, kaip programa <i>Show_dmp</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	185 KB (revvl.out) apdorojimas kompiuteriu Nr.1	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdorojami per $\approx 0,8$ s	T	
#32	Patikrinama, kaip programa <i>Show_dmp</i> apdoroja didelį ir mažą kieki duomenų	185 KB (revvl.out) apdorojimas kompiuteriu Nr.2	Duomenų apdorojimas	Duomenys apdorojami per $\approx 1,0$ s	T	

7.4.2. Atstatymo testavimas

Programos darbo metų jokių sutrikimų nepastebėta, todėl jos darbo atstatymas yra nereikalingas. Yra atvejai, jei norima kurios nors programos darbą nutraukti. Tokiu atveju naudojamosi standartinėmis MATLABTM priemonėmis.

7.5. Suderinamumo testavimas

Suderinamumo testo rezultatai.

Lentelė 7.3

Testo tikslas:		Programinės įrangos suderinamumas skirtingose operacinėse sistemose				
Testo ID	Reikalavimai/tikslai	Įvykis/įvestis	Laukiamas rezultatas	Gautas rezultatas	T/N	Pastabos
#1	Programų suderinamumo testavimas kompiuteryje Nr.1	Programų startavimas ir funkcijų vykdymas	Teisingas funkcijų vykdymas	Funkcijos vykdomos teisingai	T	
#2	Programų suderinamumo testavimas kompiuteryje Nr.2	Programų startavimas ir funkcijų vykdymas	Teisingas funkcijų vykdymas	Funkcijos vykdomos teisingai	T	

7.6. Reikalavimų specifikacijos testavimas

Reikalavimai ir jų testavimo rezultatai

Lentelė 7.4

Testo tikslas:		Reikalavimų specifikacija				
Testo ID	Reikalavimai/tikslai	Įvykis/įvestis	Laukiamas rezultatas	Gautas rezultatas	T/N	Pastabos
#1	Nustatyti akių sukties judesių pagrindines charakteristikas ir matematinį modelį			Nustatytas akių sukties judesių pagrindines charakteristikas ir matematinis modelis	T	
#2	Atlikti šiuo metu akių judesių modeliavimui naudojamos programinės įrangos analizę ir palyginimą			Atliktas akių judesių modeliavimui naudojamos programinės įrangos analizė ir palyginimas	T	
#3	Parinkti geriausiai tinkamą programavimo įrankį			Parinktas	T	
#4	Sudaryti kuriamos sistemos architektūrą			Architektūra sudaryta	T	
#5	Realizuoti akių judesių modeliavimo sistemą			Modeliavimo sistema realizuota	T	
#6	Atlikti sukurtos sistemos testavimą			Testavimas atliktas	T	
#7	Nustatyti sistemos silpnąsias vietas ir pateikti rekomendacijas tolimesniam vystymui			Pateikta	T	

8. Išvados

1. Nustatytos akių sukties judesių pagrindinės charakteristikos.
2. Atlikta akių judesių modeliavimui naudojamos programinės įrangos analizė ir palyginimas.
3. Parinktas geriausiai tinkamas programavimo įrankis.
4. Sudaryta akių sukties judesių modeliavimo sistemos architektūra.
5. Atliktas sistemos realizavimas.
6. Atliktas sukurtos sistemos testavimas.
7. Nustatytos sukurtos sistemos silpnosios vietos ir pateiktos rekomendacijos jos tolimesniam vystymui.

9. Sutrumpinimų žodynėlis

H - horizontalių posūkių ašis.

V - vertikalios posūkių ašis.

S - sukties judesys.

PI – programinė įranga.

OS - operacinė sistema.

10. Anotacija

Žmogaus akių judesiai yra plačiai tyrinėjami ir taikomi praktikoje. Jie yra labai informatyvūs, todėl jais domisi įvairių sričių mokslininkai. Atskiri akių judesių parametrai yra tyrinėjimo objektai daugelyje mokslo sričių. Vienur akių judesiai patys yra tyrimo objektas, kituose yra tiriamas akių judesių vaidmuo regėjimo procese ir dar kituose akių judesių analizė naudojama sudėtingesnių žmogaus veiklos formų tyrime. Tokių sudėtingų uždavinių sprendimas neįmanomas be atitinkamų algoritmų sudarymo ir jų kompiuterinio modeliavimo.

Darbo tikslas – sukurti programinę įrangą žmogaus akių sukities judesių modeliavimui ir rezultatų pateikimui. Darbe pateikiami žmogaus akių judesių tipai, jų matematinio aprašymo, registravimo ir pateikimo būdai. Taip pat aprašomas akies sukities judesių matavimo elektromagnetiniu metodu matematinis modelis. Siekiant geresnių rezultatų kuriant programinę įrangą, atliktas tyrimas nustatymui, kokie programavimo įrankiai plačiausiai taikomi akių judesių analizei.

Pateikiami modeliavimo sistemos projektavimo etapai, keliami funkciniai reikalavimai, reikalavimai duomenims, sistemos išvaizdai, panaudojimui, pritaikymui. Aprašoma modeliavimo eiga ir sistemos testavimo rezultatai. Nurodomi sukurtos sistemos trūkumai ir keliai tolimesniam vystymui.

Galutinis darbo rezultatas – sukurta programinė įranga akių sukities judesiams, įrašytiems elektromagnetiniu būdu, modeliuoti ir paruošti pradiniai duomenys tolimesnei analizei.

11. Summary

Human eye movements are widely studied and applied in practice. They are very informative, and therefore they are interested in various fields of scientists. Individual parameters of the eye movements of research facilities in many scientific fields. Some eye movements are themselves the subject of the investigation, the other is studied eye movements of the role of vision and the other motion analysis using more sophisticated forms of human activity study. Such complex tasks can not be processed without the appropriate algorithms and their computer simulation.

The aim - to create the software of human torsion eye movements modeling and presentation of results. The work presents the types of human eye movements, their mathematical description, recording and presentation techniques. It also describes the torsion eye movements measuring with electromagnetic method mathematical model. In order to better results in software development, a survey of the most widely applied tools of programming eye movements analysis.

The design stages of simulation system, the functional requirements, data requirements, system appearance, recovery, adaptation are described. Describes the modeling process and system test results. Refer to the shortcomings of created system and ways for further development.

Final result - designed software to the torsion eye movements recorded electromagnetically modeling, and preparation of baseline data for further analysis.

12. Literatūros ir informacinių šaltinių sąrašas

1. Paliulis E. Akies sukties judesių modeliavimas. Daktaro disertacija. Kaunas: KTU, 2005. – 96 psl.
2. Thomas Haslwanter. Mathematics of Three-dimensional Eye Rotations. *Vision Res.* Vol. 35, No. 12 (1995) 1727–1739.
3. Lepola T. Inferring Relevance from Eye Movements Using Generic Neural Microcircuits. Department of Computer Science, University of Helsinki. P.O. Box 68, FIN-00014, Finland.
4. Yaoru Sun. Hierarchical Object-Based Visual Attention for Machine Vision. Doctor of Philosophy Institute of Perception, Action and Behaviour School of Informatics University of Edinburgh, 2003.
5. Zoi Kapoula, Marijus Bernotas, Thomas Haslwanter. Listing's plane rotation with convergence: role of disparity, accommodation, and depth perception. *Exp Brain Res* (1999) 126:175–186.
6. Lee, Choongkil, David S. Zee, and Dominik Straumann. Saccades from torsional offset positions back to Listing's plane. *J Neurophysiol* 83: 3241–3253, 2000.
7. SOPHIE ADENOT, THOMAS JARCHOW, AND LAURENCE R. YOUNG. Adaptation of VOR to Coriolis Stimulation. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1039: 88–96 (2005). © 2005 New York Academy of Sciences. doi: 10.1196/annals.1325.009.
8. The Laboratory of James W. Gnadt, PhD. LabView Model of the Saccadic Feedback Circuit. Prieiga per internetą: <http://naples.cc.sunysb.edu/CAS/gnadt.nsf>. (žiūrėta 2009 04 08).

13. Priedai

13.1. Panaudojimo atvejų sąrašas

Lentelė 13.1

1. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Vartotojo vadovas	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Norėdamas susipažinti su programos veikimu vartotojas gali skaityti vartotojo vadovą.
Prieš sąlyga	Programos įjungimas.
Sužadinimo sąlyga	Iš failo išskviečiamas vartotojo vadovas.
Po-sąlyga	Susipažinimas su programos veikimu.

Lentelė 13.2

2. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Duomenų įvedimas iš eksperimento duomenų failo	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Įvedami eksperimentiniai duomenys iš pasirinkto failo.
Prieš sąlyga	Išskviečiama programa
Sužadinimo sąlyga	Nurodomas įkeliamo eksperimento duomenų failas.
Po-sąlyga	Įvedami analizei duomenys iš pasirinkto eksperimentinių duomenų failo

Lentelė 13.3

3. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Duomenų įvedimas iš apdorotų duomenų failo	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Įvedami apdoroti duomenys iš pasirinkto failo.
Prieš sąlyga	Išskviečiama programa
Sužadinimo sąlyga	Nurodomas įkeliamo apdorotų duomenų failo pavadinimas
Po-sąlyga	Įvedami analizei duomenys iš pasirinkto duomenų failo

Lentelė 13.4

4. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Duomenų įvedimas	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Įvedami duomenys iš pasirinkto failo.
Prieš sąlyga	Išskviečiama programa
Sužadinimo sąlyga	Nurodomas įkeliamo failo pavadinimas
Po-sąlyga	Įvedami analizei duomenys iš pasirinkto failo.

Lentelė 13.5

5. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Listingo plokštumos H pasukimas	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Listingo plokštumos pasukimas horizontalioje plokštumoje (apie x ašį).
Prieš sąlyga	Pasirenkami duomenys, kurių plokštumą norima sukti.
Sužadinimo sąlyga	Pelės pagalba atliekamas plokštumos pasukimas.
Po-sąlyga	Parinktų duomenų Listingo plokštumos pasukimas apie x ašį.

Lentelė 13.6

6. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Listingo plokštumos H pasukimas	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Listingo plokštumos pasukimas vertikaloje plokštumoje (apie z ašį).
Prieš sąlyga	Pasirenkami duomenys, kurių plokštumą norima sukuti.
Sužadinimo sąlyga	Pelės pagalba atliekamas plokštumos pasukimas.
Po-sąlyga	Parinktų duomenų Listingo plokštumos pasukimas apie z ašį.

Lentelė 13.7

7. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Grafiko didinimas	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Grafiko mastelio didinimas.
Prieš sąlyga	Pasirenkami duomenys, kurių bus didinamas grafiko mastelis.
Sužadinimo sąlyga	Pelės pagalba atliekamas grafiko didinimas.
Po-sąlyga	Pasirinktų duomenų grafiko mastelis padidinamas.

Lentelė 13.8

8. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Grafiko mažinimas	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Grafiko mastelio mažinimas.
Prieš sąlyga	Pasirenkami duomenys, kurių bus mažinamas grafiko mastelis.
Sužadinimo sąlyga	Pelės pagalba atliekamas grafiko mažinimas.
Po-sąlyga	Pasirinktų duomenų grafiko mastelis sumažinamas.

Lentelė 13.9

9. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Grafiko perstūmimas	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Grafikas perstumiamas norima kryptimi.
Prieš sąlyga	Pasirinkimas galimas padidinus grafiko mastelį, kai norima pamatyti kitą (likusią) grafiko dalį pasirinktame kanale.
Sužadinimo sąlyga	Pelės pagalba atliekamas grafiko perstūmimas.
Po-sąlyga	Pasirinktame kanale pamatoma likusi grafiko dalis.

Lentelė 13.10

10. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Pikų šalinimas	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Pašalinami aparatūriniai duomenų pikai.
Prieš sąlyga	Įkeliami duomenys, kuriose norima pašalinti pikus.
Sužadinimo sąlyga	Kviečiama pikų pašalinimo programa
Po-sąlyga	Pašalinami pikai iš norimų duomenų.

Lentelė 13.11

11. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Listingo plokštumų parametrai	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Atliekamas Listingo plokštumų parametrų skaičiavimas.
Prieš sąlyga	Atliktas sukities judesių modeliavimas.
Sužadinimo sąlyga	Kviečiama Listingo plokštumų parametrų skaičiavimo programa
Po-sąlyga	Gaunami plokštumos parametrai.

Lentelė 13.12

12. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Taškų standartinis nuokrypis	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Atliekamas duomenų standartinio nuokrypio skaičiavimas.
Prieš sąlyga	Atliktas suktes judesių modeliavimas.
Sužadinimo sąlyga	Kviečiama Listingo plokštumų parametrų skaičiavimo programa
Po-sąlyga	Gaunamos standartinio nuokrypio reikšmės.

Lentelė 13.13

13. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Kalibravimo duomenys	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Atliekamas eksperimentinių duomenų kalibravimas.
Prieš sąlyga	Įkeliami kalibravimo failo duomenys.
Sužadinimo sąlyga	Vykdoma kalibravimo programa
Po-sąlyga	Gaunami kalibravimo koeficientai.

Lentelė 13.14

14. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Suktes judesių modeliavimas	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Atliekamas eksperimentinių duomenų apdorojimas.
Prieš sąlyga	Atliktas kalibravimas.
Sužadinimo sąlyga	Vykdoma modeliavimo programa
Po-sąlyga	Eksperimentiniai duomenys apdorjami.

Lentelė 13.15

15. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Grafiko spausdinimas	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Spausdinamas norimas grafikas.
Prieš sąlyga	Pasirenkamas grafikas, kurį norima išsaugoti.
Sužadinimo sąlyga	Pasirenkamas norimo išsaugoti grafiko mygtukas „Spausdinti“.
Po-sąlyga	Atspausdintas pasirinktas grafikas.

Lentelė 13.16

16. PANAUDOJIMO ATVEJIS: Duomenų išsaugojimas	
Vartotojas/Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Išsaugomi norimi duomenys.
Prieš sąlyga	Pasirenkamas norimas išsaugojamų duomenų failo tipas.
Sužadinimo sąlyga	Atitinkamos programos vykdymas
Po-sąlyga	Išsaugomi norimi duomenys pasirinkto tipo faile.

13.2. Funkciniai reikalavimai

Lentelė 13.17

Reikalavimas #:	1	Reikalavimo tipas:	4.7	Ivykis/panaudojimo atvejis #:	2,3
Aprašymas:	Įvedamų duomenų turinio tikrinimas.				
Pagrindimas:	Programa turi patikrinti ar nėra įvedamuose duomenyse negalimų simbolių.				
Šaltinis:	Vartotojas.				
Tinkamumo kriterijus:	Patikriname ar įvedamuose duomenyse nėra negalimų simbolių.				
Užsakovo tenkinimas:	1	Užsakovo netenkinimas:			5
Priklausomybės:		Konfliktai:		Nėra	
Papildoma medžiaga:					
Istorija:	2008-06-12				

Lentelė 13.18

Reikalavimas #:	2	Reikalavimo tipas:	4.7	Ivykis/panaudojimo atvejis #:	2,3
Aprašymas:	Įvedamų duomenų kiekio tikrinimas.				
Pagrindimas:	Programa ar įvedamų duomenų kiekis atitinka nustatytą kanalų kiekį.				
Šaltinis:	Vartotojas.				
Tinkamumo kriterijus:	Patikriname ar įvedamų duomenų kiekis dalus pagal nustatytą kanalų kiekį				
Užsakovo tenkinimas:	2	Užsakovo netenkinimas:			3
Priklausomybės:		Konfliktai:		Nėra	
Papildoma medžiaga:					
Istorija:	2008-06-12				

Lentelė 13.19

Reikalavimas #:	3	Reikalavimo tipas:	4.7	Ivykis/panaudojimo atvejis #:	16
Aprašymas:	Duomenų/grafikų išsaugojimas.				
Pagrindimas:	Būtina pasirinkti palaikomų failų plėtinių tipus, kad būtų išvengta klaidų naudojant šiuos failus ateityje.				
Šaltinis:	Vartotojas.				
Tinkamumo kriterijus:	Pasirenkami tinkami failų plėtiniai išsaugojant duomenis/grafikus.				
Užsakovo tenkinimas:	5	Užsakovo netenkinimas:			1
Priklausomybės:		Konfliktai:		Nėra	
Papildoma medžiaga:					
Istorija:	2008-06-12				

Lentelė 13.20

Reikalavimas #:	4	Reikalavimo tipas:	4.7	Ivykis/panaudojimo atvejis #:	5,6,7,8,9
Aprašymas:	Duomenų atvaizdavimas grafike ir Listingo plokštumomis.				
Pagrindimas:	Bus tikrinama, ar pakanka duomenų norimam duomenų kiekiui atvaizduoti grafike.				
Šaltinis:	Vartotojas.				
Tinkamumo kriterijus:	Nustačius nepakankamą duomenų kiekį, bus parodomas įspėjimas.				
Užsakovo tenkinimas:	2	Užsakovo netenkinimas:			3
Priklausomybės:		Konfliktai:		Nėra	
Papildoma medžiaga:					
Istorija:	2008-06-12				

Lentelė 13.21

Reikalavimas #:	5	Reikalavimo tipas:	4.7	Ivykis/panaudojimo atvejis #:	10
Aprašymas:	Duomenų redagavimas.				
Pagrindimas:	Bus tikrinama, ar duomenyse yra aparatūrinių pikų.				
Šaltinis:	Vartotojas.				
Tinkamumo kriterijus:	Nustačius, kad yra, bus atliekamas šalinimas.				
Užsakovo tenkinimas:	5	Užsakovo netenkinimas:			1
Priklausomybės:		Konfliktai:		Nėra	
Papildoma medžiaga:					
Istorija:	2008-06-12				

Lentelė 13.22

Reikalavimas #:	6	Reikalavimo tipas:	4.7	Ivykis/panaudojimo atvejis #:	13, 14
Aprašymas:	Duomenų modeliavimas ir analizė.				
Pagrindimas:	Leidžiama pasirinkti norimus duomenis analizei.				
Šaltinis:	Vartotojas.				
Tinkamumo kriterijus:	Vaizduojamas pasirinktos analizės rezultatas.				
Užsakovo tenkinimas:	5	Užsakovo netenkinimas:			1
Priklausomybės:		Konfliktai:		Nėra	
Papildoma medžiaga:					
Istorija:	2008-06-12				

13.3. Reikalavimai sistemos išvaizdai

Lentelė 13.23

Reikalavimas #:	7	Reikalavimo tipas:	4.8	Ivykis/panaudojimo atvejis #:	
Aprašymas:	Švelnių spalvų programos sąsaja.				
Pagrindimas:	Tinkamai parinktos spalvos nevargina vartotojo.				
Šaltinis:	Vartotojas.				
Tinkamumo kriterijus:	Programos sąsajos spalvos nevargina vartotojo.				
Užsakovo tenkinimas:	4	Užsakovo netenkinimas:			3
Priklausomybės:		Konfliktai:		Nėra	
Papildoma medžiaga:					
Istorija:	2008-06-12				

Lentelė 13.24

Reikalavimas #:	8	Reikalavimo tipas:	5.8	Ivykis/panaudojimo atvejis #:	
Aprašymas:	Patogi, lengvai skaitoma sąsaja.				
Pagrindimas:	Trumpi funkcijų pavadinimai leidžia lengvai orientuotis programoje.				
Šaltinis:	Vartotojas.				
Tinkamumo kriterijus:	Funkcijų pavadinimai aiškūs, suprantami.				
Užsakovo tenkinimas:	4	Užsakovo netenkinimas:			3
Priklausomybės:		Konfliktai:		Nėra	
Papildoma medžiaga:					
Istorija:	2008-06-12				

13.4. Reikalavimai panaudojamumui

Lentelė 13.25

Reikalavimas #:	9	Reikalavimo tipas:	4.9	Ivykis/panaudojimo atvejis #:	
Aprašymas:	Nacionalinė kalba.				
Pagrindimas:	Programa, kuri naudoja nacionalinę kalbą, lengva dirbti.				
Šaltinis:	Vartotojas.				
Tinkamumo kriterijus:	Visa programos vartotojo sąsaja sukurta lietuvių kalba.				
Užsakovo tenkinimas:	3	Užsakovo netenkinimas:			2
Priklausomybės:		Konfliktai:		Nėra	
Papildoma medžiaga:					
Istorija:	2008-06-12				

Lentelė 13.26

Reikalavimas #:	10	Reikalavimo tipas:	4.9	Ivykis/panaudojimo atvejis #:	
Aprašymas:	Nereikalingas programos diegimas				
Pagrindimas:	Programa, kurios nereikia papildomai diegti, patogiau naudotis.				
Šaltinis:	Vartotojas.				
Tinkamumo kriterijus:	Nereikalingas diegimas.				
Užsakovo tenkinimas:	4	Užsakovo netenkinimas:			3
Priklausomybės:		Konfliktai:		Nėra	
Papildoma medžiaga:					
Istorija:	2008-06-12				

Lentelė 13.27

Reikalavimas #:	11	Reikalavimo tipas:	4.9	Ivykis/panaudojimo atvejis #:	
Aprašymas:	Lengvai naudojama programa.				
Pagrindimas:	Galima lengvai naudotis programa be išsamaus vartotojo vadovo skaitymo.				
Šaltinis:	Vartotojas.				
Tinkamumo kriterijus:	Patogus naudojimas programa.				
Užsakovo tenkinimas:	5	Užsakovo netenkinimas:			3
Priklausomybės:		Konfliktai:		Nėra	
Papildoma medžiaga:					
Istorija:	2008-06-12				

13.5. Reikalavimai vykdymo charakteristikoms

Lentelė 13.28

Reikalavimas #:	12	Reikalavimo tipas:	4.10	Ivykis/panaudojimo atvejis #:	
Aprašymas:	Greitas programos veikimas.				
Pagrindimas:	Programa turi greitai atlikti pasirinktas užduotis.				
Šaltinis:	Vartotojas.				
Tinkamumo kriterijus:	Greitai vykdomos programos funkcijos.				
Užsakovo tenkinimas:	5	Užsakovo netenkinimas:			1
Priklausomybės:		Konfliktai:		Nėra	
Papildoma medžiaga:					
Istorija:	2008-06-12				

13.6. Būsenų detalizavimo aprašymas

Lentelė 13.29

Būsena	In vitro kalibravimo registracijos failo atvėrimas
Apibrėžimas	Parenkamas reikiamos ritės (kairiosios arba dešinėsios) duomenų failas
Įeiga	Pasirenkamas failas
Vidinė būsena	Atidaro dialogo langą kuriame pasirenkamas failas
Išeiga	Failo pavadinimas perkeliamas į programą

Būsena	In vitro duomenų skaitymas ir grafinis vaizdavimas
Apibrėžimas	Sveikųjų dvejetainių reikšmių skaitymas iš failo
Įeiga	Pasirinktas failas
Vidinė būsena	Kviečiama vartotojo funkcija
Išeiga	In vitro duomenys programoje ir grafike

Būsena	10 - ties kalibravimo padėčių nurodymas grafike
Apibrėžimas	Kalibravimo taškų nurodymas grafike interaktyviu režimu
Įeiga	In vitro duomenų failo grafikas
Vidinė būsena	Nurodytu nuoseklumu grafike su pele nurodomos vietos, iš kurių reikia paimti duomenis skaičiavimams
Išeiga	Kalibravimo taškų reikšmės

Būsena	Kalibravimo kampo nurodymas
Apibrėžimas	In vitro kalibravime naudoto kampo reikšmės įvedimas
Įeiga	Skaičiai iš klaviatūros
Vidinė būsena	Dialogo režime kalibravimo kampas laipsniais įvedamas į programą
Išeiga	Kalibravimo kampo reikšmė

Būsena	Ritės koeficientų ir poslinkio skaičiavimas
Apibrėžimas	In vitro kalibravimo informacijos nustatymas
Įeiga	Kalibravimo taškų reikšmės, In vitro duomenys programoje, kalibravimo kampo reikšmė
Vidinė būsena	Pagal atitinkamas išraiškas apskaičiuojami ritės koeficientas ir poslinkiai
Išeiga	Ritės koeficiento ir poslinkio reikšmės

Būsena	Rezultatų išvedimas į .vit failą
Apibrėžimas	Ritės In vitro parametrų įsiminimas
Įeiga	Ritės koeficiento ir poslinkio reikšmės
Vidinė būsena	Parametrai įsimenami į specialaus tipo vit failą tekstiniu formatu
Išeiga	Failas su konkrečios ritės koeficientu ir poslinkiu

Būsena	In vivo kalibravimo registracijos failo atvėrimas
Apibrėžimas	Parenkamas reikiamos akies (kairiosios arba dešinėsios) duomenų failas
Įeiga	Pasirenkamas failas
Vidinė būsena	Atidaro dialogo langą kuriame pasirenkamas failas
Išeiga	Failo pavadinimas perkeliamas į programą

Būsena	In vivo duomenų skaitymas ir grafinis vaizdavimas
Apibrėžimas	Sveikųjų dvejetainių reikšmių skaitymas iš failo
Įeiga	Pasirinktas failas
Vidinė būsena	Kviečiama vartotojo funkcija
Išeiga	In vivo duomenys programoje ir grafike

Būsena	7 - nių kalibravimo padėčių nurodymas grafike
Apibrėžimas	Kalibravimo taškų nurodymas grafike interaktyviu režimu
Įeiga	In vivo duomenų failo grafikas
Vidinė būsena	Nurodytu nuoseklumu grafike su pele nurodomos vietos, iš kurių reikia paimti duomenis skaičiavimams
Išeiga	Kalibravimo taškų reikšmės

Būsena	Kalibravimo kampų nurodymas
Apibrėžimas	In vivo kalibravime naudotų kampų reikšmių įvedimas
Įeiga	Skaičiai iš klaviatūros
Vidinė būsena	Dialogo režime kalibravimo didesnis ir mažesnis kampai laipsniais įvedami į programą
Išeiga	Kalibravimo kampų reikšmės

Būsena	Ritės koeficientų ir poslinkio skaičiavimas
Apibrėžimas	In vivo kalibravimo informacijos nustatymas
Įeiga	Kalibravimo taškų reikšmės, In vivo duomenys programoje, kalibravimo kampų reikšmės
Vidinė būsena	Pagal atitinkamas išraiškas apskaičiuojami ritės koeficientas ir poslinkiai
Išeiga	Ritės koeficiento ir poslinkio reikšmės

Būsena	Rezultatų išvedimas į <i>.viv</i> failą
Apibrėžimas	Ritės In vivo parametrų įsiminimas
Įeiga	Ritės koeficiento ir poslinkio reikšmės
Vidinė būsena	Parametrai įsimenami į specialaus tipo <i>viv</i> failą dvejetainiu formatu
Išeiga	Failas su konkrečios ritės koeficientu ir poslinkiu

Būsena	In vitro kalibravimo koeficientų failo <i>.vit</i> atvėrimas
Apibrėžimas	Parenkamas reikiamos akies (kairiosios arba dešinėsios) In vitro koeficientų failas
Įeiga	Pasirenkamas failas
Vidinė būseną	Atidaro dialogo langą kuriame pasirenkamas failas
Išeiga	Failo pavadinimas perkeliamas į programą

Būsena	In vitro kalibravimo informacijos skaitymas
Apibrėžimas	Reikšmių skaitymas iš failo
Įeiga	Pasirinktas failas
Vidinė būseną	Kviečiama vartotojo funkcija
Išeiga	In vitro informacija programoje

Būsena	In vivo kalibravimo koeficientų failo <i>.viv</i> atvėrimas
Apibrėžimas	Parenkamas reikiamos akies (kairiosios arba dešinėsios) In vivo koeficientų failas
Įeiga	Pasirenkamas failas
Vidinė būseną	Atidaro dialogo langą kuriame pasirenkamas failas
Išeiga	Failo pavadinimas perkeliamas į programą

Būsena	In vivo kalibravimo informacijos skaitymas
Apibrėžimas	Reikšmių skaitymas iš failo
Įeiga	Pasirinktas failas
Vidinė būseną	Kviečiama vartotojo funkcija
Išeiga	In vivo informacija programoje

Būsena	Ritės orientacijos ant akies ir poslinkio skaičiavimas
Apibrėžimas	Galutinis kalibravimo informacijos nustatymas
Įeiga	In vitro ir In vivo informacija
Vidinė būseną	Pagal atitinkamas išraiškas apskaičiuojami ritės koeficientas ir poslinkiai
Išeiga	Ritės orientacijos ant akies ir poslinkio reikšmės

Būsena	Rezultatų išvedimas į <i>.cal</i> failą
Apibrėžimas	Galutinių kalibravimo parametrų įsiminimas
Įeiga	Ritės orientacijos ant akies ir poslinkio reikšmės
Vidinė būseną	Parametrai įsimenami į specialaus tipo <i>.cal</i> failą dvejetainiu formatu
Išeiga	Failas su konkrečios ritės ir akies koeficientu ir poslinkiu