

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
KOMPIUTERIŲ KATEDRA

Romanas Chomskis

**Programinė įranga cerebralinės kraujotakos
autoreguliacijos stebėsenos signalų analizei**

Magistro darbas

Darbo vadovas

Doc. Antanas Mikuckas

Kaunas, 2007

SANTRAUKA

Šiame magistro darbe pristatoma programinė įranga inovaciniam, neturinčiam analogų pasaulinėje medicininės elektronikos rinkoje, smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos įrenginiui. Naudojant šį įrenginį, kuriam projekto metu buvo sukurta programinė įranga, pirmą kartą klinikinėje praktikoje galima įvertinti pacientų su sunkiais galvos sužeidimais smegenų kraujotakos sutrikimus realiaje laike ir priimti gydymo sprendimus pagal individualaus paciento smegenų kraujotakos autoreguliacijos būseną.

Naudojant magistro darbe pristatomą programinę įrangą, neurochirurgijos reanimacijos sąlygomis buvo atlikti klinikiniai tyrimai, kurių metu sukaupti duomenys pirmą kartą statistiškai patikimai patvirtino, kad neinvazinis smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos metodas teikia tokią pačią diagnostinę informaciją, kaip ir invazinis metodas.

Naudojant neinvazinį smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos įrenginį, buvo atlikta eilė mokslinių tiriamųjų darbų. Jų metu gauti rezultatai, leido nustatyti būtinus technologinei plėtrai metrologinius - techninius parametrus inovacinio žmogaus smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenos stebėsenos neinvazinio medicininio prietaiso sukūrimui. Šis inovacinis prietaisas tobulinamas Kauno technologijos universiteto Telematikos mokslo laboratorijos kartu su UAB „Vittamed technologijos“ pagal 6,015 mln. Lt vertės projektą „Žmogaus smegenų fiziologinės stebėsenos inovacinių neinvazinių metodų ir kompleksinės įrangos taikomieji moksliniai tyrimai ir technologinė plėtra“ (BPD04-ERPF-3.1.7-03-05/0020).

ABSTRACT

CEREBROVASCULAR AUTOREGULATION MONITOR'S SOFTWARE FOR SIGNAL ANALYSIS

Newly created software is presented in magister degree thesis. The software was created for the innovative non–invasive cerebral blood flow autoregulation monitor which has no analogy in the global high tech market. It will be possible at first time to get diagnostic information about the cerebral blood flow autoregulation status of patient with severe brain injuries using such non–invasive monitoring technology in clinical practice. That will help with the individual treatment decision making.

Clinical studies were conducted in neurosurgical intensive care units using created software. It has been shown that non–invasive and invasive cerebrovascular blood flow autoregulation monitoring technologies provide the same diagnostic information about the patient status. That conclusion is statistically significant and evidence based.

Some R & D projects were performed using non–invasive cerebrovascular blood flow autoregulation monitor with implemented new software. The results of such projects were used in order to formulate the metrological – technological requirements for the final design and development of the innovative non–invasive blood flow autoregulation monitor. Such device is under creation in Telematics Scientific Laboratory which works together with Vittamed Technologijos Ltd and conducts 6.015 million Lt project (BPD04-ERPF-3.1.7-03-05/0020).

TURINYS

1. ĮVADAS	6
2. ANALITINĖ DALIS	8
2.1 Invazinė smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėseną	8
2.2 Neinvazinė smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėseną	10
2.3 Neinvazinė smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėseną, naudojant intrakranijinio kraujo tūrio kvėpavimo bangų analizę.....	11
3. PROGRAMINĖS ĮRANGOS PROJEKTAS.....	13
3.1 Reikalavimų išgavimo planas	13
3.1.1 Neinvazinio CA būsenos stebėsenos prietaiso veikimo principas.....	14
3.1.2 Neinvazinio CA stebėsenos prietaiso TĮ funkcijos.....	18
3.1.3 Neinvazinio CA stebėsenos prietaiso PĮ funkcijos	19
3.1.4 Vartotojo nefunkciniai reikalavimai	20
3.1.5 Projekto apribojimai	20
3.1.6 Projekto grafikų ir išlaidų planas	22
3.1.7 Projekto rizikos įvertimo ir mažinimo planas.....	22
3.2 Programinės įrangos specifikacija	24
3.2.1 Funkciniai reikalavimai PĮ.....	24
3.2.2 Reikalavimai duomenims	39
3.2.3 Nefunkciniai reikalavimai	40
3.2.3.1 Reikalavimai PĮ išvaizdai	40
3.2.3.2 Reikalavimai panaudojamumui	41
3.2.3.3 Reikalavimai vykdymo charakteristikoms.....	43
3.2.3.4 Reikalavimai veikimo sąlygoms	44
3.2.3.5 Reikalavimai sistemos priežiūrai	44
3.2.3.6 Reikalavimai saugumui.....	45
3.2.3.7 Kultūriniai-politiniai reikalavimai	46
3.2.3.8 Teisiniai reikalavimai	46
3.2.4 PĮ struktūros specifikacija, statinis vaizdas	47
3.2.4.1 Paketas „Vartotojo sąsaja“	47
3.2.4.2 Paketas „Kalibravimas“	49
3.2.4.3 Paketas „Matavimas“	50
3.2.5 PĮ struktūros specifikacija, dinaminis vaizdas	51
3.2.6 Testavimo planas	57

4. VARTOTOJO DOKUMENTACIJA.....	61
4.1 Programinės įrangos aprašymas.....	61
4.2 Programinės įrangos vadovas	62
4.3 Programinės įrangos diegimo vadovas	72
4.4 Sistemos administratoriaus vadovas	74
5. PRODUKTO KOKYBĖS ĮVERTINIMAS.....	75
6. IŠVADOS	79
7. SUTRUMPINIMŲ IR TERMINŲ ŽODYNAS	80
8. LITERATŪRA	81
9. PRIEDAI.....	83
9.1 Elektroninio valdymo bloko komandų sąrašas	83
9.2 Detali PĮ architektūra	87
9.3 Straipsnio medžiaga.....	137
9.4 Programinės įrangos diegimo pažyma.....	162

1. ĮVADAS

Smegenų trauma yra pirmoji pagrindinė mirties priežastis žmonių, kurių amžius yra iki 45 metų tiek ES, tiek ir JAV. JAV ir ES galvos smegenų sužalojimai sudaro apie 50% visų traumų. Dėl pacientų su smegenų traumomis hospitalizacijos visuomenė patiria didelių nuostolių. Vien JAV visuomenei tai kainuoja dešimtys milijardų dolerių per metus. Lietuvoje epidemiologinė galvos smegenų traumas situacija buvo tirta Vilniaus mieste ir Vilniaus zonoje. Pagal atliktus paskaičiavimus šiame regione kasmet galvos smegenų traumą patiria 240 iš 100 000 gyventojų. Vien Vilniaus mieste pagal šiuos skaičiavimus kasmet galvos smegenų traumą patiria 2640 gyventojų [1].

Patirtos galvos traumas ar cerebrospinalinės sistemos patologijos, tokios kaip hidrocefalija, smegenų insultai, smegenų augliai, meningitas, encefalitas, fokalinė hemoragija, cerebralinis paralyžius, stuburo stenozė, stuburo disko išvarža ar net stiprūs galvos skausmai gali sukelti intrakranijinis slėgio (ICP) didėjimą. Padidėjęs intrakranijinis slėgis sukelia pavojų smegenų normaliam aprūpinimui krauju. Tai gali sukelti žymius paciento smegenų funkcijų sutrikimus, kurie gali peraugti į labai pavojingus antrinius išeminius smegenų sužeidimus. Pagal JAV Nacionalinio Sveikatos Statistikos Centro (NCHS) duomenis, kasmet su galvos smegenų trauma, kuri yra svarbiausia padidėjusio ICP priežastis, į ligonines paguldoma apie 370 000 ligonių. Apie 20 % tokių pacientų miršta, o daugiau kaip 24 % lieka invalidais.

Galvos traumų ir kitų patologijų sukelti fiziologiniai procesai smegenyse vyksta greitai ir yra pavojingi žmogaus gyvybei. Dėl šios priežasties, siekiant sumažinti tokių pacientų mirštamumą arba invalidumą, tiek JAV, tiek ES yra sukurtos pažeistų smegenų nenutrūkstamos stebėsenos technologijos ir įranga, be to nustatyti ir priimti nenutrūkstama stebėseną paremti gydymo algoritmai bei metodikos. Pagal šias smegenų traumas vadybos metodikas ilgą laiką buvo privaloma nenutrūkstama stebėseną tokių fiziologinių charakteristikų - intrakranijinio slėgio (ICP), arterinio kraujospūdžio (ABP) ir perfuzijos slėgio (CPP) laikinių charakteristikų, čia $CPP = ABP - ICP$. Tačiau smegenų aprūpinimui deguonimi ir smegenų audinio metabolizmo palaikymui po jų sužeidimo, yra būtina individualiam pacientui gydymo priemonėmis palaikyti optimalią smegenų kraujotaką. Vien ABP ir ICP stebėseną nėra pakankama optimaliam ir individualizuotam pacientų gydymui. Todėl, be anksčiau minėtų fiziologinių charakteristikų, papildomai rekomenduojama vykdyti nenutrūkstamą ICP bangų (pulsinių, kvėpavimo ir lėtųjų), smegenų slankumo (CS) bei smegenų kraujotakos autoreguliacijos (CA) stebėseną ir gydymą optimizuoti pagal

kompleksinės stebėsenos duomenis. Tokia kompleksinė ir ilgalaikė smegenų fiziologinių charakteristikų stebėseną, leidžia sumažinti pacientų su sunkia galvos trauma mirštamumą intensyvios terapijos proceso metu nuo 20 – 35 % iki 5 – 6 % [1].

Projekto tikslas yra sukurti programinę įrangą (PĮ) inovaciniam, neturinčiam analogų pasaulinėje medicininės elektronikos rinkoje, smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos įrenginiui [8]. Toks neinvazinis stebėsenos įrenginys yra kuriamas pirmą kartą Kauno technologijos universiteto Telematikos mokslo laboratorijoje. Kadangi prietaisas neturi analogų rinkoje, neturi analogų ir jo PĮ. Pasirenkant ultragarsinių signalų bei diagnostinės informacijos apdorojimo procedūras, teko jas pagrįsti imitaciniu modeliavimu, fiziologiniu matavimų eksperimentais su sveikais savanoriais ir lyginamąja invazinės bei neinvazinės stebėsenos vienlaikė studija. Todėl PĮ sprendimai signalų analizės ir diagnostinių indeksų skaičiavimų, diagnostinės informacijos atvaizdavimo ir techninės įrangos valdymo dalyse yra kūrybiški ir nauji. Gauti rezultatai leido nustatyti būtinus technologinei plėtrai metrologinius - techninius parametrus inovacinio žmogaus smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenos stebėsenos neinvazinio medicininio prietaiso sukūrimui. Šis inovacinis prietaisas kuriamas pagal 6,015 mln. Lt vertės projektą “Žmogaus smegenų fiziologinės stebėsenos inovacinių neinvazinių metodų ir kompleksinės įrangos taikomieji moksliniai tyrimai ir technologinė plėtra” (BPD04-ERPF-3.1.7-03-05/0020).

Naudojant kuriamą prietaisą, pirmą kartą klinikinėje praktikoje bus galima įvertinti pacientų su sunkiais galvos sužeidimais smegenų kraujotakos sutrikimus realiame laike ir priimti individualizuotus gydymo sprendimus. Šiuo metu yra vadovaujamosi JAV ar ES smegenų traumos vadybos metodiniais nurodymais palaikyti CPP \geq 60 mm Hg, o ICP \leq 20 mm Hg. Tokie kriziniai CPP ir ICP slenksčiai nustatyti statistiniais metodais, analizuojant dideles pacientų grupes. Naudojant naują prietaisą, bus galima optimizuoti CPP ir ICP pagal individualaus paciento smegenų kraujotakos autoreguliacijos būseną.

Projektuojant PĮ, teko adaptuoti prie kuriamo inovacinio prietaiso analogo neturinčios elektroninės dalies techninių sprendimų ir klinikinių bandymų išdavoje gautų naujų mokslinių žinių. Projektuojamos PĮ sprendimai buvo netrivialūs, kūrybiniai ir sėkmingi. Pirmojo prototipinio prietaiso PĮ klinikinius tyrimus neurochirurginėje reanimacijoje finansavo JAV gynybos departamentas [12].

2. ANALITINĖ DALIS

2.1 Invazinė smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėseną

Intrakranijinis tūris yra fiksuotas kietame intrakranijiniame konteineryje – kaukolėje. Intrakranijinis tūris sudarytas iš smegenų audinio, tam tikro kiekio cerebrospinalinio skysčio, kitaip vadinamo likvoro (CSF) ir kraujo indų: stambiųjų - arterijų, venų bei smulkiųjų - arteriolių, venulių ir kapiliarų. Augant vienam iš sudedamųjų dalių tūrių kitos tūrio sudedamosios dalys turi sumažėti, nes bendras tūris yra sąlyginai pastovus. Tik tokiu atveju intrakranijinis slėgis (ICP) gali nesikeisti. Išnaudojus didesnių likvoro (CSF) išstūmimo į stuburo kanalą rezervą, ICP ima kilti ir sukelia pavojų smegenų kraujotakai. Tai ir yra priežastis būtinybės nenutrūkstamai stebėti ICP smegenų sužeidimų atveju ir mažinti ICP terapinėmis priemonėmis, jei ICP pasiekia kritinį slenkstį: 20 – 25 mm Hg.

Smegenų kraujotakos autoreguliacija (CA) yra aktyvus arterijų bei arteriolių hidrodinaminis rezistyvumo derinimas, kintant smegenų perfuzijos slėgiui (CPP). Arterijų bei arteriolių hidrodinaminis rezistyvumas keičiasi didėjant ar mažėjant kraujo indų diametrai. Esant normaliai smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenai, didėjant CPP, arteriolių vidinis diametras mažėja, o CPP mažėjant, arteriolių vidinis diametras didėja. Tai tarnauja dvejopiems tikslams – apsaugoti kraujo mikrocirkuliaciją nuo pernelyg aukšto slėgio ir palaikyti stabilų smegenų kraujo srautą (CBF), kintant CPP [2, 3]. Jeigu smegenų kraujagyslės aktyviai nereaguoja į CPP kitimą sutrikusios autoreguliacijos atveju, tai padidėjus CPP gali padidėti intrakranijinis slėgis (ICP). Didėjant ICP, didėja antrinių smegenų sužeidimų rizika. Norint to išvengti būtina vykdyti į CA atstatymą nukreiptą terapiją, kuri savo ruožtu reikalauja nenutrūkstamos realaus laiko CA stebėsenos.

Svarbiausios smegenų cerebrovaskuliarinės funkcijos charakteristikos, kurioms būtina vykdyti nenutrūkstamą stebėseną galvos traumų ar patologijų atveju, yra smegenų kraujotakos autoreguliacija (CA), smegenų slankumas (CS) ir smegenų perfuzijos slėgis (CPP), kurios priklauso nuo intrakranijinis slėgis (ICP) ir arterinis kraujospūdis (ABP). Egzistuojančios šių cerebrovaskuliarinės funkcijos charakteristikų stebėsenos technologijos yra išimtinai invazinės. Jos reikalauja implantuoti į paciento smegenis vienkartinio naudojimo šviesolaidinius ar pneumatinius slėgio jutiklius.

Sunkių galvos smegenų traumų atvejais svarbiausios smegenų cerebrovaskuliarinės funkcijos charakteristikos yra stebimos, tiesiogiai chirurgiškai įvedus į smegenis zondą per

kaukolės kaulus. Invazinė stebėseną nėra taikoma esant vidutinei arba lengvai galvos smegenų traumai, nes laikoma, kad traumos sunkumas nepateisina invazinės stebėsenos sukeltą riziką.

Pacientams su vidutine arba lengva galvos smegenų trauma egzistuoja padidėjusio ICP rizika. Padidėjęs ICP sukelia pavojų smegenų normaliam aprūpinimui krauju, pacientui sukelia chroniško funkcijų pablogėjimą ir potencialiai labai pavojingus antrinius išeminius smegenų sužeidimus, kurių neurologinės disfunkcijos pasekmės paaiškėja pavėluotai. Tačiau šiais atvejais dėl savo pavojingumo invazinė procedūra nėra taikoma.

Invazinė technologija yra brangi ir potencialiai pavojinga pacientui, nes sukelia infekcijos pavojų bei papildomai sužeidžia smegenis. Šiuo metu naudojamos klinikinėje praktikoje invazinės stebėsenos sukeltą komplikacijos gali būti tokios:

- infekcijos;
- ICP padidėjimas, kai zondas blokuoja kraujo tekėjimą arba kateteris užsikemša;
- skilvelių susispaudimas.

Smegenų kraujotakos autoreguliacijai (CA) stebėti intensyvios terapijos sąlygomis šiuo metu naudojama ICP ir ABP lėtųjų bangų metodika. Tokios stebėsenos technologija yra taip pat invazinė - naudojami standartiniai invaziniai ICP monitoriai ir invaziniai ABP lėtųjų bangų monitoriai. Patogiausias būdas įvertinti CA nenutrūkstamai ir intensyviosios terapijos sąlygomis yra stebėti slenkančio Pirsono koreliacijos koeficiento reikšmę, nustatoma tarp invaziškai matuojamų ABP ir ICP lėtųjų (B tipo) bangų, kurių dažnių diapazonas 0.008 Hz - 0.03 Hz. Slenkantis Pirsono koreliacijos koeficientas CA stebėsenos atveju atspindi taip pat ir fazinį postūmį tarp tiriamų bangų. Yra įrodyta, kad neigiama koreliacija, kai koreliacijos koeficientas artėja prie -1 arba fazės postūmis artimas 180° laike tarp ABP ir ICP bangų parodo smegenų kraujo indų hidrodinaminį rezistyvumo aktyvų pokytį ir tokiu būdu veikiančią CA sistemą. Teigiamą koreliaciją arba fazinį postūmį artimą nulinę reikšmę tarp ABP ir ICP lėtųjų bangų parodo, kad smegenų kraujagyslės nereaguoja ir kad CA yra sutrikęs [4,5,6].

Invazinė CA stebėsenos technologija, paremta Pirsono koreliacijos koeficiento matavimu tarp ABP ir ICP lėtųjų B tipo bangų metodika, turi trūkumų būdingų invazinei technologijai. Tačiau ši technologija turi specifinių metodo trūkumų. Svarbiausias iš jų yra tas, kad B bangų prigimtis yra intermitentinė, t.y. intensyvios terapijos sąlygomis ne visada įmanoma registruoti minėtas bangas. Tai reiškia, kad invazinis CA stebėsenos lėtųjų bangų technologija negarantuoja nenutrūkstamos stebėsenos. Antras trūkumas yra tas, kad atliekamas CA stebėsenos duomenų vidurkinimas laike, siekiant sumažinti Pirsono koeficiento nustatymo atsitiktinę paklaidą. Vidurkinant lėtasias B bangas, kurių periodas yra palyginti ilgas,

gaunamas papildomas 3 - 10 min diagnostinės informacijos uždelsimas. Tokio dydžio CA stebėsenos duomenų uždelsimas sunkių smegenų traumų atvejais yra nepriimtinas [6].

Invazinio smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos metodo problemos yra sekančios:

- invazinio zondo išduodamos ir monitoriaus neteisingai rodomos reikšmės dėl gedimų;
- ribotas stebėsenos laikas dėl infekcijos pavojaus;
- negarantuoja nenutrūkstamos CA stebėsenos dėl B bangų intermitentinės prigimties;
- per didelis informacijos uždelsimas išduodant matavimo rezultatus dėl lėtųjų B bangų vidurkinimo;
- netaikytinas pacientams su vidutine arba lengva galvos smegenų trauma dėl pavojingumo;
- brangi zondo įvedimo procedūra.

2.2 Neinvazinė smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėseną

Neinvaziniam CA įvertinimui egzistuoja transkranijinė doplerinė technologija (TCD) su neinvazine arterinio kraujospūdžio (ABP) bangų stebėseną [7]. Naudojant šią technologiją, vienu metu matuojama ABP ir kraujo srautą greitis (CBFV) smegenų arterijose. Pagal CBFV sprendžiama apie kraujo srauto (CBF) pokyčius smegenyse. Keičiantis ABP, o kraujo srautui (CBF) smegenyse nesikeičiant, sprendžiama apie smegenų kraujo indų rezistyvumo aktyvų pokytį ir tokiu būdu veikiančią CA sistemą.

Taikyti TCD intensyvios CA būsenos ilgalaikiai stebėsenai terapijos skyriuose ilgalaikiam yra sunku ar net neįmanoma, nes sudėtinga palaikyti tinkamą ultragarsinio zondavimo trajektoriją.

Šio metodo negalima taikyti smulkiuosiuose smegenų kraujo induose (arteriolėse, venulėse). Didieji kraujo indai, tokie kaip arterijos, turi mažai įtakos CA palyginti su arteriolėmis. Dėl to šis metodas nepasižymi jautrumu.

Tam kad sukelti ABP pokyčius naudojama papildoma pacientų stimuliacija. Sunkių smegenų traumų atvejais tai gali sukelti papildomą riziką pacientui ir gali būti nepriimtinas.

Neinvazinio smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos metodo, naudojančio TCD technologiją, problemos yra sekančios:

- negarantuoja nenutrūkstamos CA stebėsenos nes sudėtinga palaikyti tinkamą zondavimo trajektoriją;
- mažas jautrumas dėl negalėjimo matuoti CBFV smulkiuosiuose smegenų kraujo induose;

- didina riziką pacientui dėl papildomos pacientų fizinės arba farmakologinės stimuliacijos.

2.3 Neinvazinė smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėseną, naudojant intrakranijinio kraujo tūrio kvėpavimo bangų analizę

Kauno technologijos universiteto Telematikos mokslo laboratorijoje sukurtas smegenų kraujotakos autoreguliacijos (CA) pilnai neinvazinis stebėsenos metodas [8]. Pagal šį metodą vienu metu yra stebimos intrakranijinės tūrinės (IBV) bei arterinio kraujospūdžio (ABP) lėtosis, kvėpavimo ir pulsinės bangos dažnių diapazone nuo 0,01 Hz iki 2 Hz bei atliekama šių bangų analizė [7]. Apie CA sprendžiama pagal fazių skirtumą tarp ABP ir IBV kvėpavimo bangų. ABP ir IBV kvėpavimo bangos yra permanentinės prigimties ir maždaug 10 kartų mažesnės trukmės lyginant su lėtosiomis B bangomis. Šie pagrindiniai privalumai suteikia galimybę atlikti nenutrūkstamą laiką CA stebėseną su žymiai mažesniu stebėsenos duomenų uždelsimu.

Smegenų kraujotakos autoreguliacijos pilnai neinvazinis stebėsenos metodas remiasi ultragarsiniu žmogaus smegenų zondavimu parenchiminėje akustinėje trajektorijoje. Siunčiami trumpi ultragarsiniai signalai iš vienos kaukolės pusės į kitą ir matuojami signalų sklidimo laikas. Akustinio signalo sklidimo laikas priklauso nuo intrakranijinio kraujo, smegenų audinio ir cerebrospinalinio skysčio (CSF), akustinių savybių, tūrio ir tūrių tarpusavio santykio.

Parenchiminė akustinė trajektorija - tai ultragarso akustinis kelias, nekertantis stambiuju intrakranijinių kraujagyslių ar didesnių CSF sancaupų. Parenchiminė akustinė trajektorija sudaryta iš smegenų audinio, nedidelio kiekio likvoro bei smulkiųjų kraujo indų: arteriolių, venulių ir kapiliarų. Arteriolės pagrindiniai atsakingos už smegenų kraujotakos autoreguliaciją. Smegenų kraujotakos autoreguliacija (CA) yra aktyvus arteriolių rezistyvumo derinimas kintant smegenų perfuzijos slėgiui (CPP).

Tam kad eliminuoti intrakranijinio kraujo greičio įtaką ultragarsinio signalo sklidimo laikui, zondavimas atliekamas abiem akustinės trajektorijos kryptimis [9], registruojami ultragarsinių signalų sklidimo laikai abiem kryptimis ir atliekami kompensaciniai skaičiavimai.

Ultragarsinio signalo sklidimo laikui įtakos turi kraujo greitis išoriniuose galvos kraujo induose bei uždelsimas techninėje įrangoje. Tam kad kompensuoti šių veiksnių įtaką papildomai registruojami atspindėto nuo ultragarsinio keitiklio paviršiaus ir kaukolės kaulų akustinio signalo uždelsimo laikai.

Neinvaziniai cerebrovaskuliarinės funkcijos charakteristikų stebėsenos metodai susiduria su tam tikromis problemomis. Pirmiausia reikia rasti tokias cerebrospinalinės sistemos fiziologines charakteristikas, kurių parametrus būtų galima išmatuoti neinvaziniais metodais. Antra reikia nustatyti ryšį tarp išmatuotų parametrų ir cerebrospinalinės sistemos fiziologines charakteristikų, kurias norima įvertinti. Trečia reikia apibrėžti kaip kalibruoti neinvaziniu metodu paremtą matuoklį, siekiant eliminuoti nežinomas sistemines paklaidas.

Atlikti klinikiniai tyrimai, kurių metu buvo vienu metu invaziniu metodu buvo matuojami ICP bei ABP ir neinvaziniu metodu matuojama IBV. Gauti rezultatai rodo, kad neinvazinio metodo maža sisteminė paklaida neturi klinikinės reikšmės [6]. Tai reiškia, kad matuojant fazių skirtumą tarp ABP ir IBV kvėpavimo bangų, CA būseną galima įvertinti be „individualus pacientas – neinvazinis matavimo įrenginys“ kalibravimo.

Neinvazinio smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos, paremtos ABP ir IBV analizės metodu privalumai:

- neribotas stebėsenos laikas, dėl to kad metodas visiškai neinvazinis ir nėra infekcijos grėsmės;
- garantuoja nenutrūkstamos CA stebėseną dėl ABP ir IBV kvėpavimo bangų permanentinės prigimties;
- ženkliai greitesnis, lyginant su invaziniais CA stebėsenos metodais dėl mažesnės kvėpavimo bangų trukmės lyginant su lėtosiomis B bangomis;
- tinka stebėti pacientams su įvairaus sunkumo smegenų traumomis bei sveikiems žmonėms, todėl kad yra neinvazinis ir nėra pavojingas;
- nedidina riziką pacientui, todėl kad nereikalauja papildomos pacientų išorinės fizinės arba farmakologinės stimuliacijos;
- nereikalauja kalibravimo dėl fazės skirtumo tarp ABP ir IBV kvėpavimo bangų matavimo;
- pigus lyginant su invaziniais CA stebėsenos metodais, todėl kad nereikalauja zondo įvedimo procedūros.

3. PROGRAMINĖS ĮRANGOS PROJEKTAS

Pagrindiniai projekto tikslai yra šie:

- pirmą kartą sukurti programinę įrangą kuriamam inovaciniam smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos įrenginiui, leidžiančią vartotojui atlikti cerebralinės kraujotakos autoreguliacijos (CA) stebėsenos nenutrūkstamą signalų analizę realiu laiku;
- programinės įrangos pagalba užtikrinti neinvazinio CA būsenos stebėsenos eksperimentinio prietaiso valdymą, suderinamą su neurochirurgijos reanimacijos aplinka;
- sudaryti sąlygas vartotojui analizuoti neinvazinio matavimo rezultatus, tikslu įvertinti smegenų kraujotakos autoreguliacijos būseną ir optimizuoti bei individualizuoti intensyvios terapijos sprendimus.

Projekto keliami uždaviniai yra šie:

- išsiaiškinti vartotojo norus ir pageidavimus programinei įrangai (PI).
- išsiaiškinti projekto ypatumus.
- išsiaiškinti aplinkos keliamus reikalavimus programinei įrangai.
- apibrėžti PI architektūrinį modelį.
- apibrėžti PI objekcinį modelį.
- apibrėžti vartotojo sąsają.
- nustatyti sistemos testavimo būdus.
- atsižvelgiant į anksčiau minėtus punktus, sudaryti projekto realizavimo grafiką.

3.1 Reikalavimų išgavimo planas

Šiame darbe projektuojama programinė įranga (PI) yra sudėtinė dalis neinvazinio smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenos stebėsenos eksperimentinio prietaiso. Todėl reikalavimų išgavimui naudosime tokį planą:

- apklausti CA būsenos stebėsenos eksperimentinio prietaiso techninės įrangos projektuotojus, siekiant išsiaiškinti TĮ struktūrinius ir funkcijinius ypatumus;

- apklausti vartotojus, siekiant nustatyti bendrus funkcijinius reikalavimus keliamus CA stebėsenos prietaisui;
- apibrėžti funkcijinius PĮ reikalavimus, atskiriant funkcijas realizuotus TĮ;
- nustatyti nefunkcinius reikalavimus.

3.1.1 Neinvazinio CA būsenos stebėsenos prietaiso veikimo principas

Neinvazinio smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenos stebėsenos prietaisas sudeda iš, elektroninio valdymo bloko, mechaninio rėmo, dviejų ultragarsinių keitiklių, kvėpavimo judesių jutiklio ir išorinio kompiuterio (pav. 1).

Mechaninis rėmas uždedamas pacientui ant galvos. Ultragarsiniai keitikliai tvirtinami taip, kad zonduojantys akustiniai signalai sklistų smegenų parenchimine akustine trajektorija. Siunčiami trumpi (800 ns) ultragarsiniai signalai iš vienos kaukolės pusės į kitą ir matuojami akustinio signalo sklidimo laikas. Ultragarsiniai keitikliai paeiliui siunčia ir priima akustinius signalus. Parenchiminė akustinė trajektorija parenkama tam, kad zonduojantys akustiniai signalai nekirstų stambiųjų kraujo indų ir skilvelių, kuriuose yra nemažas likvoro (CSF) kiekis. Tokioje trajektorijoje akustinio signalo sklidimo laikas priklauso nuo mažųjų kraujo indų: arteriolių, venulių ir kapiliarų, smegenų audinio ir nedidelio CSF kiekio, akustinių savybių. Besikeičiantis arteriolių diametras t.y. hidrodinaminis rezistyvumas turi pagrindinę įtaką smegenų kraujotakos autoreguliacijai (CA).

Siekiant eliminuoti intrakrajinio kraujo greičio įtaką ultragarsinio signalo sklidimo laikui zondavimas atliekamas abiem akustinės trajektorijos kryptimis, registruojami ultragarsinių signalų sklidimo laikai abiem kryptimis ir atliekami kompensaciniai skaičiavimai.

Tam kad išvengti pulsacijų įtakos išoriniuose galvos kraujo induose, turi būti papildomai registruojamas atspindėto nuo kaukolės kaulų akustinio signalo uždelsimo laikas. Uždelsimo laikai techninėje įrangoje kompensuojami, registruojant atspindėtų nuo keitiklių paviršiaus akustinio signalo uždelsimo laikus. Vėliau šie laikai panaudojami, apdorojant duomenis ir kompensuojant išorinių veiksnių įtaką matavimo rezultatams.

Išmatuotas praėjusio pro kaukolę akustinio signalo sklidimo laikas yra atvirkščiai proporcingas ultragarso greičiui. Ultragarso greitis priklauso nuo smegenų parenchimos akustinių savybių ir tiesiai proporcingas intrakranijiniam kraujo tūriui [2]. Tai reiškia, kad matuodami akustinio signalo sklidimo laikus, registruojame intrakranijines kraujo tūrinės bangas (IBV).

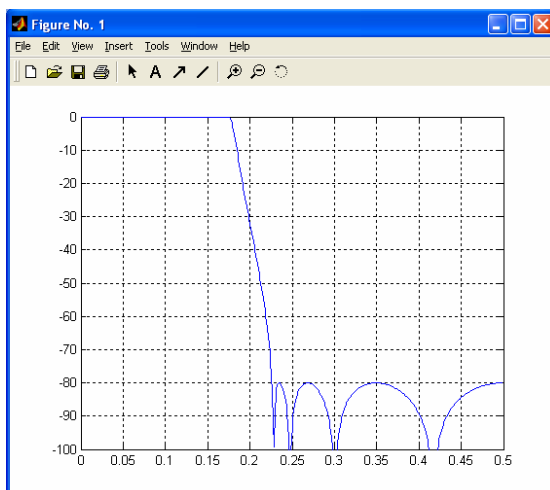
Kvėpavimo judesių jutiklis tvirtinamas ant paciento krūtinės. Atraminis kvėpavimo bangų (RW) signalas patenka į elektroninį valdymo bloką. Keitiklyje “įtampa – skaičius” (ADC) RW amplitudė keičiama į skaitmeninį kodą.



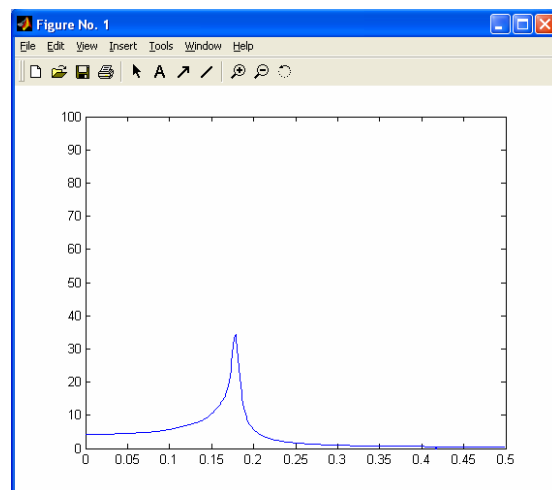
Pav. 1. Neinvazinis smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenos stebėsenos prietaisas.

Išmatuoti atspindėtų nuo ultragarsinių keitiklių bei kaukolės kaulų ir praėjusių pro kaukolę akustinių signalų uždelimo laikai, panaudojami apskaičiuoti dydžiui proporcingam IBV. Skaičiavimų metu kompensuojama (KI) tokių veiksnių kaip intrakrajinio kraujo greičio, pulsacija išoriniuose galvos kraujo induose, uždelimo laikai aparatūroje.

Abu IBV ir RW signalai praeina pro seriją žemo dažnio filtro (ŽDF) ir diskretizacijos dažnio mažinimo įrenginio porų. Taip diskretizacijos dažnis palaipsniui sumažinamas nuo 50 Hz iki 3,125 Hz. Tai atliekama tam, kad užtikrinti pakankamą juostinio filtro (JF) perdavimo charakteristikos statumą. ŽDF perdavimo charakteristika pateikta pav. 2.



(a)



(b)

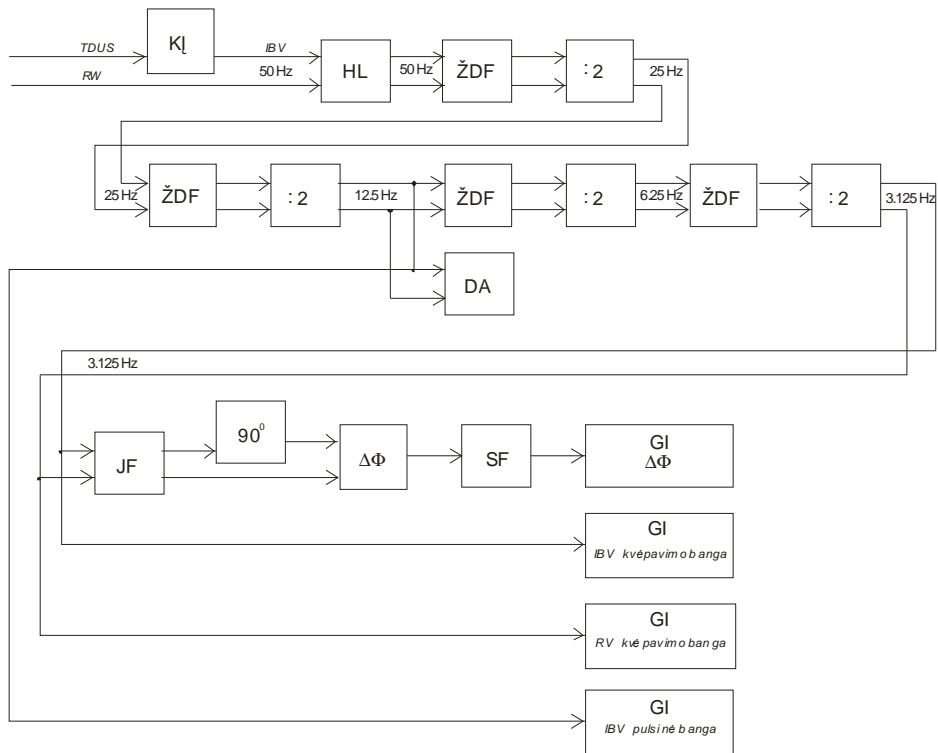
Pav. 2. ŽDF a) - amplitudinė dažninė, a) - fazinė dažninė charakteristikos.

JF realizuotas iš 13-kos lygiagrečiai sujungtų, persidengiančių skaitmeninių juostinių filtrų. Kiekvieno iš filtro pralaidumo juosta yra 0,05 Hz, slopinimas 40 dB. IBV ir RW signalai praleidžiamas vienu metu per visus 13-ką JF. Pagal RW maksimalią amplitudę išrenkamas JF numeris. Atrinkto filtro IBV ir RW reikšmės naudojamos tolimesniuose skaičiavimuose.. Tam kad sumažinti matavimo pradžios įtaka, abu IBV ir RW signalai dauginami iš Hanningo lango (HL).

Identiškų JF išėjimuose gauname dvi kvėpavimo bangas išfiltruotas iš IBV ir RW signalų. Abi IBV ir RW kvėpavimo bangos patenka į fazinį detektorių. Faziniame detektoriuje apskaičiuojamas fazių skirtumo tarp IBV ir RW kvėpavimo bangu reikšmė. Prieš patenkant į fazinį detektorių ($\Delta\Phi$), IBV signalo fazė papildomai pastumiamą 90^0 kampu. Tai daroma tam, kad fazės skirtumo reikšmė kistų nuo -90^0 iki $+90^0$.

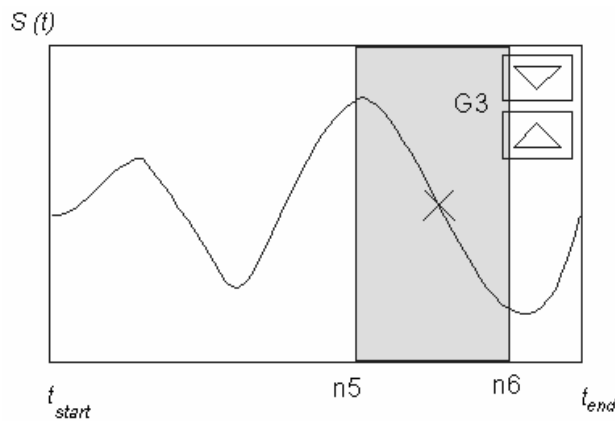
Apskaičiuotos fazių skirtumo reikšmės praleidžiamos pro slenkantį filtrą (SF), tam kad sumažinti atsitiktinę paklaidą. Gauti rezultatai kartu su IBV pulsinėmis bangomis išvedami į grafines sąsają (GI).

Fazės skirtumo tarp IBV ir RW signalų skaičiavimo algoritmą iliustruoja struktūrinė schema (pav. 3).



Pav. 3 . Fazės skirtumo tarp IBV ir RW signalų apskaičiavimas.

Akustinių signalų uždelsimo laikai (TDUS) registruojami keitiklyje “laiko intervalas – skaičius” (TDC). Matavimo pradžios signalas TDC formuojamas kartu su zondojuančiu akustiniu signalu. Matavimo pabaigos signalas TDC formuojamas amplitudinio komparatoriaus, aptikus atspindėtą ar praėjusį pro kaukolę akustinį signalą. Tam kad sumažinti atsitiktinio komparatoriaus suveikimo tikimybę, signalų procesoriaus (DSP) formuojami laikiniai langai, kurių metu komparatoriui leidžiama formuoti akustinio signalo aptikimo impulsą. Laikinius langus DSP formuoja pagal laikines žymes, kurias užduoda operatorius stebėdamas ekrane atspindėtus ir praėjusius akustinius signalus (pav. 4). Čia $S(t)$ – akustinis signalas, t_{start} , t_{end} – signalo indikavimo pradžios ir pabaigos laikas, n_5 , n_6 – laiko žymės, kurių metu TDC leidžiama formuoti akustinio signalo aptikimo impulsą. Žymės n_5 , n_6 formuojamos simetriškai vartotojo X- markeriui ekrane.



Pav. 4. Laiko žymių formavimas akustinio signalo pradžios aptikimui.

Prieš pradėdant fazės skirtumo tarp IBV ir RW signalų matavimą, reikia suformuoti laikinius langus TDC. Tai reiškia, kad prieš matavimo procesą reikia, atlikti prietaiso kalibravimą. Elektroninio valdymo bloke yra dvi atskiros funkcijinės dalys, viena iš kurių skirta kalibravimo režimui (KR), o kita matavimo režimui (MR). Abi valdomos atskirai išorinio kompiuterio pagalba.

Matavimo rezultatai gauti KR ir MR užsaugomi ir atgaminami. Numatytas užregistruotų duomenų eksportas tekstiniame formate, tam kad būtų galima naudoti išorinę duomenų analizės programinę įrangą.

3.1.2 Neinvazinio CA stebėsenos prietaiso TĮ funkcijos

Neinvazinio smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenos stebėsenos prietaiso atliekamos funkcijos paskirstytos tarp techninės įrangos (TĮ) ir programinės įrangos (PĮ). TĮ apima valdymo bloką, mechaninio rėmo, du ultragarsinius keitiklius ir kvėpavimo judesių jutiklį. PĮ instaliuojama į išorinį kompiuterį, kuris per RS-233 sąsają prijungtas prie valdymo bloko.

Neinvazinio CA stebėsenos prietaiso techninės įrangos (TĮ) atlieka šias funkcijas:

- formuoja akustinius zonduojančius signalus, kurių impulso trukmė 800 ns, o pasikartojimo dažnis - 1.0 kHz;
- priima akustinius signalus abiem akustinės trajektorijos kryptimis ir konvertuoja į skaitmeninį kodą;

- formuoja laikinius langus komparatoriui, kurių metu fiksuojama atspindėtų ar praėjusių akustinių signalų aptikimo pradžia;
- matuoja atspindėtų ar praėjusių akustinių signalų uždelimo laikus abiem akustinės trajektorijos kryptimis;
- priima kvėpavimo judesių jutiklio išduodamą signalą ir konvertuoja į skaitmeninį kodą;
- suvidurkina akustinių signalų uždelimo laikus ir RW signalą iki kvantavimo dažnio 50 Hz ir išduoda į išorinį kompiuterį;
- gautas valdymo komandas iš išorinį kompiuterio, konvertuoja į valdymo impulsus.

3.1.3 Neinvazinio CA stebėsenos prietaiso PĮ funkcijos

Programinė įranga (PĮ) atlieka šias funkcijas:

- paleidžia ir stabdo kalibravimo režimą (KR);
- priima duomenų srautą, kuriame yra išmatuotų akustinių signalų amplitudinės reikšmės;
- atvaizduoja akustinius signalus grafiniame ekrane;
- pagal operatoriaus komandas formuoja akustinio signalo laikinės koordinatės pradžios ir pabaigos reikšmes;
- pagal operatoriaus komandas formuoja laikines žymes ekrane ir formuoja komandas valdymo blokui;
- pagal operatoriaus komandas keičia akustinių signalų imtuvo stiprinimą, siunčiant komandas valdymo blokui;
- atsimena KR rezultatus;
- atgamina KR rezultatus;
- paleidžia ir stabdo matavimo režimą (KR);
- priima duomenų srautą, kuriame yra akustinių signalų uždelimo laikai ir RW signalo;
- apskaičiuoja fazės skirtumą tarp IBV ir RW;
- grafiniame ekrane atvaizduoja IBV ir RW kvėpavimo bangas, fazės skirtumą tarp jų bei IBV pulsines bangas.
- atsimena MR rezultatus;

- atgamina MR rezultatus.

3.1.4 Vartotojo nefunkciniai reikalavimai

Atsižvelgiant į kuriamos PĮ panaudojimo ypatumus bei vartotojo pageidavimus, nefunkciniai reikalavimai yra:

- stebėsenos duomenų instrumentinis uždelsimas ne daugiau 30 s;
- matavimo rezultatai turi būti išvedami realiu laiku;
- PĮ turi veikti IBM tipo personaliniame kompiuteryje (PC);
- PC operacinė sistema (OS): MS Windows 98, ME, 2000, XP;
- vartotojo sąsaja turi būti lengvai, intuityviai suprantama ir valdoma;
- sąsaja negali būti perkrauta valdymo elementais, naudojamos spalvos turi būti nesikertančios ir neerzinančios;
- turi būti vartotojo įvedamų parametrų kontrolė;
- PĮ turi bendrauti su vartotoju klaidų pranešimai ir pagalbos tekstais;
- vartotojo sąsajoje naudojama kalba: anglų;
- turi būti PĮ vartotojo instrukcija;
- PĮ turi turėti patogų diegimo įrankį.

3.1.5 Projekto apribojimai

Apribojimai sprendimui. PĮ turi veikti personaliniame IBM PC tipo kompiuteryje. PĮ turi veikti nepriklausomai nuo kompiuteryje įdiegtos operacinės sistemos. PĮ skirta veikti kompiuteriuose, kurių charakteristikos atitiktų arba būtų neblogesnės negu nurodyta:

- procesorius: Pentium 600 Mhz;
- operacinė sistema: MS Windows 98/ME/2000/XP;
- operatyvinė atmintis: 128 MB;
- laisva vieta PĮ instaliacijai kietajame (HDD) diske: 150 MB;
- vaizduoklio raiška: 1027 x 768 pikselių, 16 bitų spalvos;
- kita: klaviatūra, pelė ar/ir paspaudimui jautrus ekranas.

Diegimo aplinka. Reikalingas IPM tipo personalinis kompiuteris (PC), kuriame būtų įdiegta operacinė sistema. PC turi turėti RS-232 sąsają, tam kad būtų galima prijungti

prietaiso TĮ. Kompiuteris neturėtų būti apkrautas procesais, kurie reikalauja didelių kompiuterinių resursų.

Bendradarbiaujančios sistemos. PĮ nebendradarbiauja su jokiais išorinėmis sistemomis, išskyrus su neinvazinio CA stebėsenos prietaiso TĮ.

Komerciniai specializuoti programų paketai. Į PĮ posistemę nėra įtraukta komerciniai specializuoti programų paketai. PĮ panaudotos Visual Studio™ (Microsoft) ir Measurement Studio™ (National Instruments) paketų bibliotekos.

Numatoma darbo vietos aplinka. Numatoma PĮ vartotojų darbo vieta – įprastinė darbuotojo vieta intensyvios terapijos skyriuje arba universiteto laboratorijoje.

Apribojimai vartojimui. PĮ nėra skirta naudoti gydymo tikslams. Duomenys gauti kuriamos PĮ pagalba, negali būti naudojami priimant sprendimus dėl paciento būklės ar gydymo metodų.

3.1.6 Projekto grafikų ir išlaidų planas

Atsižvelgdami į keliamus vartotojo reikalavimus, sudarome projekto darbų planą (lentelė 1) ir preliminarią išlaidų sąmatą.

Prieš projekto pradžią PĮ kainą nustatyti sunku ir ji gali būti paskaičiuota tik apytiksliai. PĮ projektą vykdys vienas asmuo. Įvertinti programuotojo darbo kainą ganėtinai keblu, tačiau įvedus tam tikrą įvertį, tarkim už programavimo valandą galima, nesunkiai suskaičiuoti kiek kainuos pats PĮ projektavimas bei kodavimas. Preliminari PĮ projekto sąmata, neįvertinant naudojamų resursų įsigijimo ar nuomos kainos, pateikta lentelėje 1.

Lentelė 1 : Projekto grafikų ir išlaidų planas

Nr.	Produktas	Priklausomybė	Sąnaudos, Lt	Terminas
1	Reikalavimų specifikacijos	-	940	2005 06 01 - 2005 06 25
2	Programinės įrangos architektūros specifikacija	1	510	2005 06 27 - 2005 07 08
3	Detali programinės įrangos architektūros specifikacija	2	760	2005 07 11 - 2005 07 30
4	Programinės įrangos realizacija.	1-3	2800	2005 08 15 - 2005 10 31
5	Programinės įrangos testavimas, diegimas	4	2150	2005 11 01 - 2005 12 30
	Viso:		7160	

3.1.7 Projekto rizikos įvertimo ir mažinimo planas

Nustatome pagrindines pavojingas situacijas, kurios gali sukelti grėsmę PĮ projekto įgyvendinimui. Atliekame grėsmių analizę ir įvertiname jų atsiradimo tikimybę bei keliamą rizikos laipsnį. PĮ projekto vykdymo proceso galimos grėsmės nurodytos lentelėje 2.

Lentelė 2: PĮ galimos grėsmės ir jų rizikos laipsnis

Nr.	Rizikos faktorius	Tikimybė	Įtaka
1.	Projekte dalyvaujančio personalo patirtis ir sugebėjimai nepakankami	Vidutiniška	Rimta
2.	Reikalavimų pasikeitimas	Vidutiniška	Rimta
3.	Personalo, dalyvaujančio projekte, pasitraukimas dėl ligos ar perėjimo į kitą darbą	Žema	Rimta
4.	Reikalavimas kardinaliai pakeisti sistemą ar sistemos posistemę, kai ji jau sukoduota	Vidutiniška	Rimta
5.	Neefektyvios PĮ kūrimo priemonės	Žema	Rimta
6.	Techninės įrangos gedimas	Žema	Leistina

Išanalizavę galimas PĮ projekto grėsmes ir jų rizikos laipsnį, numatome prevencines priemones rizikos mažinimui (lentelė 3).

Lentelė 3: PĮ vystymo etapai

Nr.	Rizikos faktorius	Problemos sprendimas
1.	Projekte dalyvaujančio personalo patirtis ir sugebėjimai nepakankami	Paskirstyti personalui uždavinius pagal kompetenciją. Numatyti laiko rezervą, praradimams dėl patirties stokos kompensuoti. Numatyti personalo mokymus.
2.	Reikalavimų pasikeitimas	Pastoviai derinti reikalavimus su užsakovu ir nuo pradžių juos suskirstyti pagal prioritetus. Numatyti pakankamą laiko rezervą svarbiems reikalavimų pakeitimams įgyvendinti. Laiku atnaujinti dokumentaciją.
3.	Personalo, dalyvaujančio projekte, pasitraukimas dėl ligos ar perėjimo į kitą darbą	Numatyti tokias galimybes, teisingai suplanuoti atvejus personalui pasitraukus, palikti laiko rezervą arba numatyti rezervinius resursus.

Nr.	Rizikos faktorius	Problemos sprendimas
		Tvarkingai pildyti dokumentaciją projekto metu.
4.	Reikalavimas kardinaliai pakeisti sistemą ar sistemos posistemę kai ji jau sukoduota	Bandyti išsiaiškinti su užsakovu, ar tokie pakeitimai tikrai labai svarbūs ir ar jų negalima atidėti sekančiai programos versijai. Reikia derinant reikalavimus naudoti oficialius, užsakovo parašais patvirtintus dokumentus.
5.	Neefektyvios PĮ kūrimo priemonės	Rinktis tik žinomas ir plačiau naudojamas PĮ kūrimo priemonės. Numatyti plane rezervinių PĮ kūrimo paketų panaudojimą.
6.	Techninės įrangos gedimas	Numatyti rezervinę TĮ. Numatyti laiko rezervą TĮ pakeitimui ir remontui.

3.2 Programinės įrangos specifikacija

3.2.1 Funkciniai reikalavimai PĮ

Išanalizavus informaciją, gautą apklausus CA būsenos stebėsenos eksperimentinio prietaiso projektuotojus, įvertinus bendrus funkcijinius reikalavimus, keliamus CA stebėsenos prietaisui, bei atlikus funkcijų pasiskirstymą tarp TĮ ir PĮ, sudaryta panaudojimo atvejų diagrama (pav. 5).

Pagal panaudojimo atvejų diagramą sudarytas panaudojimo atvejų sąrašas (lentelė 4-14).

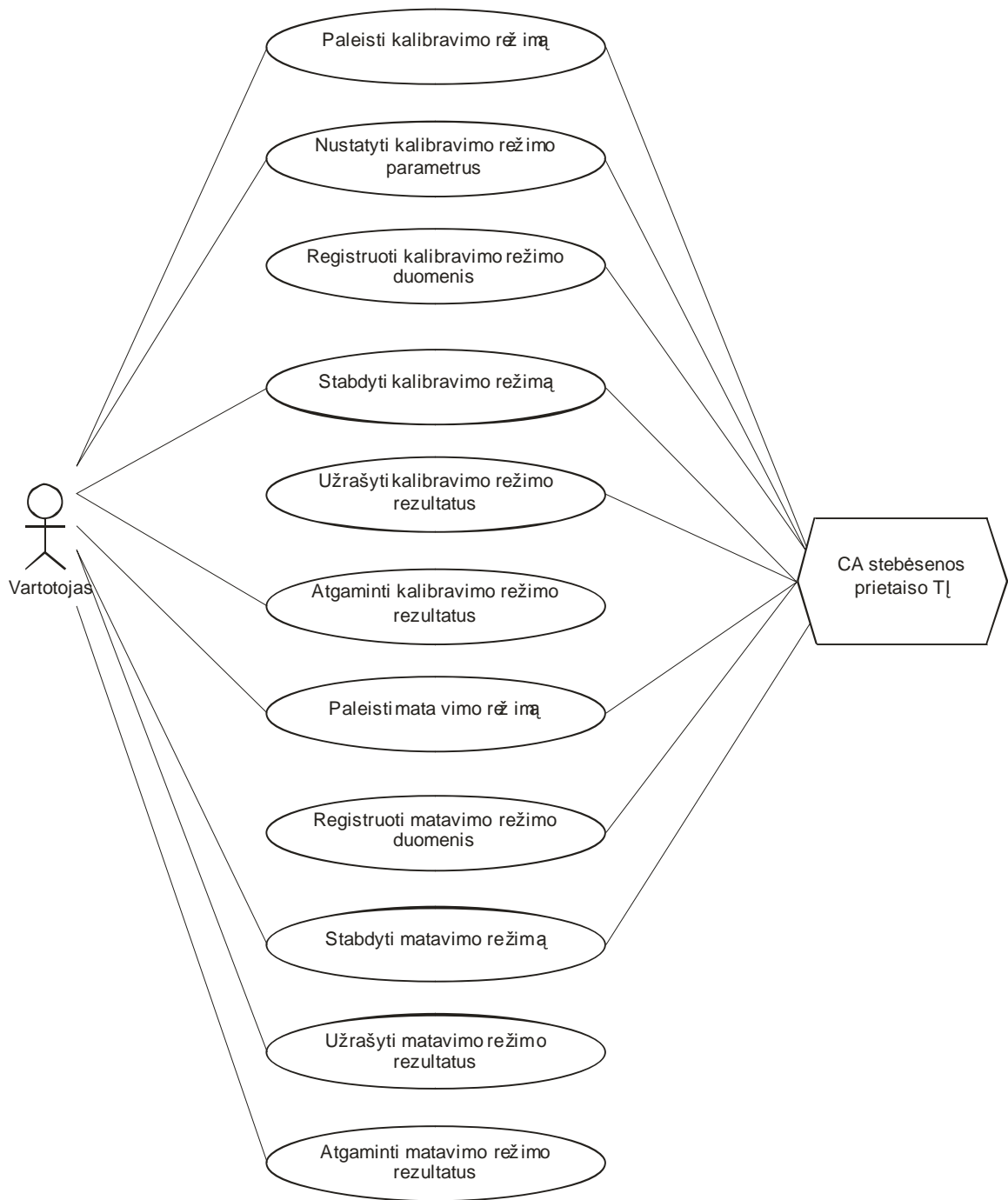
Lentelė 4: Panaudojimo atvejis „Paleisti kalibravimo režimą“

Nr.	1
Pavadinimas:	Paleisti kalibravimo režimą (KR)

Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	Vartotojas, CA stebėsenos prietaiso TĮ
Aprašas:	Įjungiamas KR langas. Nustatomi ryšio sąsajos parametrai. Siunčiamos valdymo komandas į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Laukiamas atsakas iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Tikrinamas atsako teisingumas. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra tinkamo atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ.
Prieš sąlyga:	Nusprendžiama atlikti CA stebėsenos prietaiso kalibravimą.
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas nori atlikti CA stebėsenos prietaiso kalibravimą.
Po sąlyga:	Paleidžiamas CA stebėsenos prietaiso kalibravimo režimas.

Lentelė 5: Panaudojimo atvejis „Nustatyti kalibravimo režimo parametrus“

Nr.	2
Pavadinimas:	Nustatyti KR parametrus
Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	Vartotojas, CA stebėsenos prietaiso TĮ
Aprašas:	Įjungiamas kalibravimo režimo parametrus keitimo langas. Galima keisti kalibravimo režimo parametrus. Siunčiamos valdymo komandas ir kalibravimo režimo parametrai į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Laukiamas atsakas iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Tikrinamas atsako teisingumas. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra tinkamo atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ.
Prieš sąlyga:	Turi būti paleistas kalibravimo režimas
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas nori keisti kalibravimo režimo parametrus
Po sąlyga:	Ekrane atdaromas langas, kuriame vartotojas gali keisti kalibravimo režimo parametrus



Pav. 5. Panaudojimų atvejų diagrama

Lentelė 6: Panaudojimo atvejis „Registruoti kalibravimo režimo duomenis“

Nr.	3
Pavadinimas:	Registruoti KR duomenis
Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	CA stebėsenos prietaiso TĮ
Aprašas:	Siunčiamos valdymo komandas į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Laukiami duomenys iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Priimami duomenys iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Tikrinamas duomenų teisingumas. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra teisingų duomenų. Apdorojami priimti teisingi duomenys. Atvaizduojami ekrane kalibravimo režimo duomenys.
Prieš sąlyga:	Turi būti paleistas kalibravimo režimas
Sužadavimo sąlyga:	Siunčiamos valdymo komandas CA stebėsenos prietaiso TĮ.
Po sąlyga:	Ekrane atvaizduojami kalibravimo režimo duomenys

Lentelė 7: Panaudojimo atvejis „Stabdyti kalibravimo režimą“

Nr.	4
Pavadinimas:	Stabdyti kalibravimo režimą
Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	Vartotojas, CA stebėsenos prietaiso TĮ
Aprašas:	Siunčiamos valdymo komandas į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Laukiamas atsakas iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Tikrinamas atsako teisingumas. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra tinkamo atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Nutraukiamas kalibravimo režimo duomenų atvaizdavimas ekrane
Prieš sąlyga:	Turi būti paleistas kalibravimo režimas
Sužadavimo sąlyga:	Siunčiamos valdymo komandas CA stebėsenos prietaiso TĮ
Po sąlyga:	Sustabdomas CA stebėsenos prietaiso kalibravimo režimas.

Lentelė 8: Panaudojimo atvejis „Užrašyti kalibravimo režimo rezultatus“

Nr.	5
Pavadinimas:	Užrašyti KR rezultatus
Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	CA stebėsenos prietaiso TĮ
Aprašas:	Siunčiamos valdymo komandas į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Laukiami duomenys iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Priimami duomenys iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Tikrinamas duomenų teisingumas. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra teisingų duomenų. Priimti teisingi duomenys išsaugomi faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje.
Prieš sąlyga:	Turi būti sustabdytas kalibravimo režimas
Sužadinimo sąlyga:	Siunčiamos valdymo komandas CA stebėsenos prietaiso TĮ
Po sąlyga:	Kalibravimo režimo duomenys išsaugoti faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje

Lentelė 9: Panaudojimo atvejis „Atgaminti kalibravimo režimo rezultatus“

Nr.	6
Pavadinimas:	Atgaminti kalibravimo režimo rezultatus
Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	Vartotojas
Aprašas:	Atidaromas failų pasirinkimo langas. Atidaromas pasirinktas failas su kalibravimo režimo duomenimis. Ekrane atvaizduojami kalibravimo režimo duomenys.
Prieš sąlyga:	Kalibravimo režimo duomenys turi būti išsaugoti faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje
Sužadinimo sąlyga:	Nurodomas failo pavadinimas ir kelias iki jo
Po sąlyga:	Ekrane atvaizduojami kalibravimo režimo duomenys.

Lentelė 10: Panaudojimo atvejis „Paleisti matavimo režimą“

Nr.	7
Pavadinimas:	Paleisti matavimo režimą (MR)
Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	Vartotojas, CA stebėsenos prietaiso TĮ
Aprašas:	Įjungiamas matavimo režimo langas. Nustatomi ryšio sąsajos parametrai. Siunčiamos valdymo komandas į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Laukiamas atsakas iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Tikrinamas atsako teisingumas. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra tinkamo atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ.
Prieš sąlyga:	Vartotojas nusprendžiama paleisti matavimo režimą
Sužadinimo sąlyga:	Vartotojas nori paleisti CA stebėsenos prietaiso matavimo režimą
Po sąlyga:	Paleidžiamas CA stebėsenos prietaiso matavimo režimas.

Lentelė 11. Panaudojimo atvejis „Registruoti matavimo režimo duomenis“

Nr.	8
Pavadinimas:	Registruoti MR duomenis
Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	CA stebėsenos prietaiso TĮ
Aprašas:	Siunčiamos valdymo komandas į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Laukiami duomenys iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Priimami duomenys iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Tikrinamas duomenų teisingumas. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra teisingų duomenų. Apdorojami priimti teisingi duomenys. Atvaizduojami ekrane matavimo režimo duomenys.
Prieš sąlyga:	Turi būti paleistas matavimo režimas
Sužadinimo sąlyga:	Siunčiamos valdymo komandas CA stebėsenos prietaiso TĮ.
Po sąlyga:	Ekrane atvaizduojami matavimo režimo duomenys

Lentelė 12: Panaudojimo atvejis „Stabdyti matavimo režimą“

Nr.	9
Pavadinimas:	Stabdyti matavimo režimą
Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	Vartotojas, CA stebėsenos prietaiso TĮ
Aprašas:	Siunčiamos valdymo komandas į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Laukiamas atsakas iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Tikrinamas atsako teisingumas. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra tinkamo atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ. Nutraukiamas matavimo režimo duomenų atvaizdavimas ekrane
Prieš sąlyga:	Turi būti paleistas MR
Sužadinimo sąlyga:	Siunčiamos valdymo komandas CA stebėsenos prietaiso TĮ
Po sąlyga:	Sustabdomas CA stebėsenos prietaiso matavimo režimas.

Lentelė 13: Panaudojimo atvejis „Užrašyti matavimo režimo rezultatus“

Nr.	10
Pavadinimas:	Užrašyti MR rezultatus
Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	Vartotojas
Aprašas:	Atidaromas failų pasirinkimo langas. Matavimo režimo duomenys išsaugomi, pasirinktame faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje.
Prieš sąlyga:	Nurodomas failo pavadinimas ir kelias iki jo
Sužadinimo sąlyga:	Pasirenkamas atitinkama komanda operacijai atlikti
Po sąlyga:	Matavimo režimo duomenys išsaugoti faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje

Lentelė 14: Panaudojimo atvejis „Atgaminti matavimo režimo rezultatus“

Nr.	11
Pavadinimas:	Atgaminti matavimo režimo rezultatus
Vartotojo/aktoriaus pavadinimas:	Vartotojas
Aprašas:	Atidaromas failų pasirinkimo langas. Atidaromas pasirinktas failas su matavimo režimo duomenimis. Ekrane atvaizduojami matavimo režimo duomenys.
Prieš sąlyga:	Matavimo režimo duomenys turi būti išsaugoti faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje
Sužadinimo sąlyga:	Nurodomas failo pavadinimas ir kelias iki jo
Po sąlyga:	Ekrane atvaizduojami matavimo režimo duomenys.

Pagal sudarytą panaudojimo atvejų sąrašą, suformuluojami funkcijiniai reikalavimai PĮ. Funkcijiniai reikalavimai specifikuojami naudojant Volere šabloną [9].

Reikalavimas #:	1	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1
Aprašymas:	Galimybė vartotojui paleisti kalibravimo režimą, naudojantis meniu punktu ir valdymo elementu vartotojo sąsajoje.				
Pagrindimas:	Galimybė vartotojui paleisti kalibravimo režimą.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Galima paleisti kalibravimo režimą.				
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				

Reikalavimas #:	2	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2
Aprašymas:	Išsiusti valdymo komandas į CA stebėsenos prietaiso TĮ.				
Pagrindimas:	Galimybė valdyti CA stebėsenos prietaiso TĮ .				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	CA stebėsenos prietaiso TĮ pervedama į norimus režimus.				
Priklausomybės	1	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				

Reikalavimas #:	3	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2
Aprašymas:	Tikrinti atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ tinkamumą.				
Pagrindimas:	Galimybė CA stebėsenos prietaiso TĮ darbo teisingumą.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Reakcija į CA stebėsenos prietaiso TĮ darbo sutrikimus.				
Priklausomybės	2	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				

Reikalavimas #:	4	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1
Aprašymas:	Indikuoti klaidos pranešimą, jei gauti neteisingi duomenys iš CA stebėsenos prietaiso TĮ.				
Pagrindimas:	Galimybė aptikti klaidas duomenyse, gautuose iš CA stebėsenos prietaiso TĮ .				
Šaltinis:	Vartotojas				

Tinkamumo kriterijus:	Klaidos pranešmo išvedimas.		
Priklausomybės	3	Konfliktai:	Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra		
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06		

Reikalavimas #:	5	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	2
Aprašymas:	Galimybė keisti kalibravimo režimo parametrus, naudojantis valdymo elementais vartotojo sąsajoje.				
Pagrindimas:	Kalibravimo metu CA stebėsenos prietaiso parametrai turi būti nustatyti taip, kad būtų įmanoma pereiti į matavimo režimą.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Galima valdyti kalibravimo režimo parametrus.				
Priklausomybės	1	Konfliktai:	Nėra		
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				

Reikalavimas #:	6	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	3
Aprašymas:	Priimti iš CA stebėsenos prietaiso duomenis.				
Pagrindimas:	CA stebėsenos prietaiso elektroninis valdymo blokas siunčia duomenų srautą, kurį reikia priimti.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Duomenys yra priimami.				
Priklausomybės	1	Konfliktai:	Nėra		
Papildoma medžiaga:	Nėra				

Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				
-----------	---------------------------	--	--	--	--

Reikalavimas #:	7	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	3
Aprašymas:	Atvaizduoti ekrane priimtus iš CA stebėsenos prietaiso duomenis.				
Pagrindimas:	CA stebėsenos prietaiso elektroninis valdymo blokas siunčia duomenų srauta, kurį reikia atvaizduoti.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Duomenys yra indikuojami ekrane.				
Priklausomybės	6	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				

Reikalavimas #:	8	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	4
Aprašymas:	Galimybė vartotojui stabdyti kalibravimo režimą, naudojantis valdymo elementu vartotojo sąsajoje.				
Pagrindimas:	Galimybė vartotojui stabdyti kalibravimo režimą.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Galima stabdyti kalibravimo režimą.				
Priklausomybės	1	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				

Reikalavimas #:	9	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	5
Aprašymas:	Galimybė kalibravimo režimo duomenis išsaugoti faile kompiuterio				

	pastoviojoje atmintyje..		
Pagrindimas:	Kalibravimo režimo duomenys turi būti apsaugoti, kad būtų galima juos atgaminti.		
Šaltinis:	Vartotojas		
Tinkamumo kriterijus:	Galima saugoti kalibravimo režimo duomenis.		
Priklausomybės	8	Konfliktai:	Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra		
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06		

Reikalavimas #:	10	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	6
Aprašymas:	Galimybė atgaminti kalibravimo režimo duomenis, išsaugotus faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje.				
Pagrindimas:	Patikrinti kokios parametrų reikšmės buvo nustatytos kalibravimo režimo metu.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Atgaminami kalibravimo režimo duomenys, išsaugoti faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje				
Priklausomybės	9	Konfliktai:	Nėra		
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				

Reikalavimas #:	11	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	6
Aprašymas:	Galimybė atgaminti kalibravimo režimo duomenis, išsaugotus faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje.				
Pagrindimas:	Patikrinti kokios parametrų reikšmės buvo nustatytos kalibravimo režimo metu.				
Šaltinis:	Vartotojas				

Tinkamumo kriterijus:	Atgaminami kalibravimo režimo duomenys, išsaugoti faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje		
Priklausomybės	9	Konfliktai:	Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra		
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06		

Reikalavimas #:	12	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	7
Aprašymas:	Galimybė vartotojui paleisti matavimo režimą, naudojantis meniu punktu ir valdymo elementu vartotojo sąsajoje.				
Pagrindimas:	Galimybė vartotojui paleisti matavimo režimą.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Galima paleisti matavimo režimą.				
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:	Nėra		
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				

Reikalavimas #:	13	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	8
Aprašymas:	Iš intrakranijinių tūrinių kvėpavimo bangų signalų eliminuoti tokius įtakos faktorius, kaip išorinių audinių kraujotaka, kaukolės kaulų pulsacija, mechaniniai kvėpavimo proceso sukelti paciento galvos judesiai.				
Pagrindimas:	Galimybė registruoti intrakranijinių kvėpavimo bangų signalą, kuris nepriklauso nuo išorinių faktorių.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Matavimo rezultatai nepriklauso nuo išorinių audinių kraujotakos, kaukolės kaulų pulsacijos, mechaninių kvėpavimo proceso sukeltų paciento galvos judesių.				

Priklausomybės	12	Konfliktai:	Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra		
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06		

Reikalavimas #:	14	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	8
Aprašymas:	Iš intrakranijinių tūrinių kvėpavimo bangų signalų išskirti intrakranijinių kvėpavimo bangų signalą				
Pagrindimas:	Galimybė registruoti intrakranijinių kvėpavimo bangų signalą, gautą iš intrakranijinių tūrinių bangų signalų.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Registruojamas intrakranijinių kvėpavimo bangų signalas, išskirtas iš intrakranijinių tūrinių bangų signalų.				
Priklausomybės	13	Konfliktai:	Nėra		
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				

Reikalavimas #:	15	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	8
Aprašymas:	Skaičiuoti fazių skirtumą tarp kvėpavimo bangų signalo, užregistruoto neinvazinio kvėpavimo judesių jutiklio ir intrakranijinių kvėpavimo bangų signalo.				
Pagrindimas:	Galimybė matuoti fazių skirtumą tarp kvėpavimo bangų signalo, užregistruoto neinvazinio kvėpavimo judesių jutiklio ir intrakranijinių kvėpavimo bangų signalo.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Registruojamas fazių skirtumas, tarp kvėpavimo bangų signalo, užregistruoto neinvazinio kvėpavimo judesių jutiklio ir intrakranijinių kvėpavimo bangų signalo.				
Priklausomybės	14	Konfliktai:	Nėra		

Papildoma medžiaga:	Nėra
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06

Reikalavimas #:	16	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	9
Aprašymas:	Galimybė vartotojui stabdyti matavimo režimą, naudojantis valdymo elementu vartotojo sąsajoje.				
Pagrindimas:	Galimybė vartotojui stabdyti matavimo režimą.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Galima stabdyti matavimo režimą.				
Priklausomybės	12	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				

Reikalavimas #:	17	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	10
Aprašymas:	Galimybė matavimo režimo duomenis išsaugoti faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje.				
Pagrindimas:	Matavimo režimo duomenys turi būti apsaugoti, kad būtų galima juos atgaminti.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Galima saugoti matavimo režimo duomenis.				
Priklausomybės	16	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				

Reikalavimas #:	18	Reikalavimo tipas:	3.2.1	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	11
Aprašymas:	Galimybė atgaminti matavimo režimo duomenis, išsaugotus faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje.				
Pagrindimas:	Galimybė peržiūrėti užfiksuotus matavimo režimo duomenis.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Atgaminami matavimo režimo duomenys, išsaugoti faile kompiuterio pastoviojoje atmintyje				
Priklausomybės	9	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 06				

3.2.2 Reikalavimai duomenims

Neinvazinio smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenos stebėsenos prietaiso funkcionavimas susideda iš kalibravimo režimo (KR) ir matavimo režimo (KM). Kiekvieno režimo metu tarp elektroninio valdymo bloko ir išorinio kompiuterio keičiamasi skirtingais duomenų srautais.

KR metu iš elektroninio valdymo bloko gaunamos akustinių signalų amplitudinės reikšmės. Tokių akustinių signalų yra šeši:

- kairiojo ultragarsinio keitiklio akustinis signalas, atspindėtas nuo keitiklio paviršiaus;
- kairiojo ultragarsinio keitiklio akustinis signalas, atspindėtas nuo kaukolės kaulo;
- kairiojo ultragarsinio keitiklio akustinis signalas, praėjęs pro kaukolę;
- dešinio ultragarsinio keitiklio akustinis signalas, atspindėtas nuo keitiklio paviršiaus;
- dešinio ultragarsinio keitiklio akustinis signalas, atspindėtas nuo kaukolės kaulo;
- dešinio ultragarsinio keitiklio akustinis signalas, praėjęs pro kaukolę.

Laiko žingsnis tarp dviejų to paties akustinio signalo dviejų gretimų reikšmių yra 25 ns. Vienu metu perduodamos 256 to paties akustinio signalo atskaitos, t.y. 6,4 μ s laiko intervalas.

Iš išorinio kompiuterio į elektroninį valdymo bloką perduodamos valdymo komandos:

- KR pradžia / pabaiga;
- akustinių signalų imtuvo stiprinimo keitimas;
- akustinio signalo laikinės koordinatės pradžios ir pabaigos reikšmių nustatymas;

- TDC laikinio lango pradžios pabaigos reikšmių nustatymas.

MR metu iš elektroninio valdymo bloko gaunami atspindėtų nuo ultragarsinių keitiklių bei kaukolės kaulų ir praėjusių pro kaukolę akustinių signalų uždelsimo laikai bei kvėpavimo bangų (RW) iš kvėpavimo judesių jutiklio:

- kairiojo ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, atspindėto nuo keitiklio paviršiaus, uždelsimo laikas;
- kairiojo ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, atspindėto nuo kaukolės kaulo, uždelsimo laikas;
- kairiojo ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, praėjusio pro kaukolę, uždelsimo laikas;
- dešinio ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, atspindėto nuo keitiklio paviršiaus, uždelsimo laikas;
- dešinio ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, atspindėto nuo kaukolės kaulo, uždelsimo laikas;
- dešinio ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, praėjusio pro kaukolę, uždelsimo laikas;
- kvėpavimo bangos (RW) iš kvėpavimo judesių jutiklio amplitudė.

Laiko žingsnis tarp dviejų to paties akustinio signalo dviejų gretimų reikšmių yra 20 ms. Nuo MR pradžios duomenų srautas nenutrūkstamai siunčiamas iš elektroninio valdymo bloko į išorinį kompiuterį. Duomenys nustojami siųsti tik baigus MR.

Siunčiamų iš elektroninio valdymo bloko ir išorinio kompiuterio, komandų sąrašas pateiktas priede (priedas 9.1).

3.2.3 Nefunkciniai reikalavimai

Atlikus vartotojo reikalavimų analizę, specifikuojame nefunkcinius reikalavimus.

3.2.3.1 Reikalavimai PĮ išvaizdai

Reikalavimas #:	19	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	Lengvai, intuityviai suprantama ir valdoma vartotojo sąsaja				
Pagrindimas:	Vartotojas turi greitai perprasti sąsajos valdymo elementus.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo	Lengvai suprantama ir patogi sąsaja				

kriterijus:			
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:	Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra		
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.		

Reikalavimas #:	20	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	Kartu naudojami sąsajos valdymo elementai turi būti šalia, kad vartotojui būtų galima greičiau ir patogiau jais naudotis				
Pagrindimas:	Galimybė greitai pasiekiami sąsajos valdymo elementus.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Sąsajos valdymo elementus greitai pasiekiami.				
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:	Nėra		
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.				

3.2.3.2 Reikalavimai panaudojamumui

Reikalavimas #:	21	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	PĮ turi siūlyti vartotojui sistemos režimų reikšmės išsirinkti iš galimų reikšmių. Sąsajos vietose, kuriose vartotojui leista laisvai įvesti parametrų reikšmes, atliekama duomenų kontrolė				
Pagrindimas:	PĮ neturi leisti vartotojui daryti klaidas.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	PĮ apriboja galimybę vartotojui suklysti.				
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:	Nėra		
Papildoma medžiaga:	Nėra				

medžiaga:	
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.

Reikalavimas #:	22	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	PĮ gali naudotis ne tik Lietuvoje, bet ir užsienyje, todėl reikia kad vartotojo sąsaja būtų realizuota anglų kalba.				
Pagrindimas:	Sistemą gali naudoti ne tik Lietuvoje.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	PĮ vartotojo sąsaja realizuota anglų kalba.				
Priklausomybės	Nėra			Konfliktai:	Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.				

Reikalavimas #:	23	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	PĮ vartotojo sąsajoje turi būti įdiegta pagalba vartotojui				
Pagrindimas:	Vartotojui turi būti suteikta pagalba.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	PĮ vartotojo sąsajoje realizuota pagalba vartotojui.				
Priklausomybės	Nėra			Konfliktai:	Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.				

3.2.3.3 Reikalavimai vykdymo charakteristikoms

Reikalavimas #:	24	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	PĮ rezultatus turi išvesti realiu laiku.				
Pagrindimas:	Vartojas gali gauti rezultatus realiu laiku.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	PĮ rezultatus išveda realiu laiku.				
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.				

Reikalavimas #:	25	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	PĮ išplečiamumas.				
Pagrindimas:	PĮ turi leisti vėliau ją papildyti naujais komponentais				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Lengvai išplečiama PĮ.				
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.				

3.2.3.4 Reikalavimai veikimo sąlygoms

Reikalavimas #:	26	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	Paprastas PĮ diegimas.				
Pagrindimas:	Vartotojas turi lengvai įsidiesti PĮ savo kompiuteryje, naudojant diegimo įrankį.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Lengvai įsidiengiama PĮ.				
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.				

3.2.3.5 Reikalavimai sistemos priežiūrai

Reikalavimas #:	27	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	Tikslus ir visada vykdomas PĮ dokumentavimas.				
Pagrindimas:	Atliekant palaikymo darbus labai padeda sistemingi ir tikslūs atliekamų veiksmų aprašymai.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	PĮ dokumentacija.				
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.				

3.2.3.6 Reikalavimai saugumui

Reikalavimas #:	28	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	PĮ neleidžia įvesti klaidingos informacijos, tikrindama įvedamus duomenis.				
Pagrindimas:	Vartotojas gali klysti, įvedant duomenis.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	PĮ padeda išvengti klaidų.				
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.				

Reikalavimas #:	29	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	Atribotas duomenų, užregistruotų PĮ, nesankcionuotas naudojimas.				
Pagrindimas:	PĮ užregistruoti duomenys negali būti laisvai prieinami.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Duomenų formatas parenkamas toks, kad be PĮ ir/ar dokumentacijos jų peržiūra būtų apsunkinta.				
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.				

3.2.3.7 Kultūriniai-politiniai reikalavimai

Reikalavimas #:	30	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	PĮ vartotojo sąsajoje turi būti naudojama korektiška, neižeidžianti anglų kalba, terminai turi būti suprantami vartotojui.				
Pagrindimas:	Vartoją PĮ sąsajoje naudojami užrašai negali įžeisti bei klaidinti.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	PĮ vartotojo sąsajos išvedami užrašai padorūs ir suprantami.				
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.				

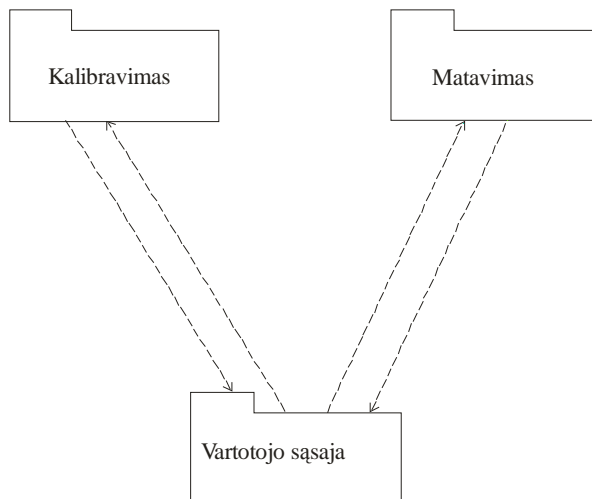
3.2.3.8 Teisiniai reikalavimai

Reikalavimas #:	31	Reikalavimo tipas:	3.2.3	Įvykis / panaudojimo atvejis #:	1,2,4,6-11
Aprašymas:	Teisėta PĮ.				
Pagrindimas:	Kuriama PĮ turi būti teisėta, negali būti neteisėtai nukopijuota arba pasisavinta. PĮ kūrimui naudojama tik licencijuoti į programiniai paketai.				
Šaltinis:	Vartotojas				
Tinkamumo kriterijus:	Visos PĮ teisės priklauso kuriančiai grupei, po projekto įvykdymo – užsakovui.				
Priklausomybės	Nėra	Konfliktai:			Nėra
Papildoma medžiaga:	Nėra				
Istorija:	Užregistruotas 2005 06 07.				

3.2.4 PĮ struktūros specifikacija, statinis vaizdas

Šiame skyriuje specifikuosime PĮ klases. Klases sudarysime, remdamiesi anksčiau specifikuotais reikalavimais PĮ.

Aukščiausiam lygyje PĮ skaidoma į paketus. Paketai savyje apjungia logiškai susijusias klases pagal jų atliekamas funkcijas. PĮ struktūrinė schema paketų lygyje pateikta pav. 6.

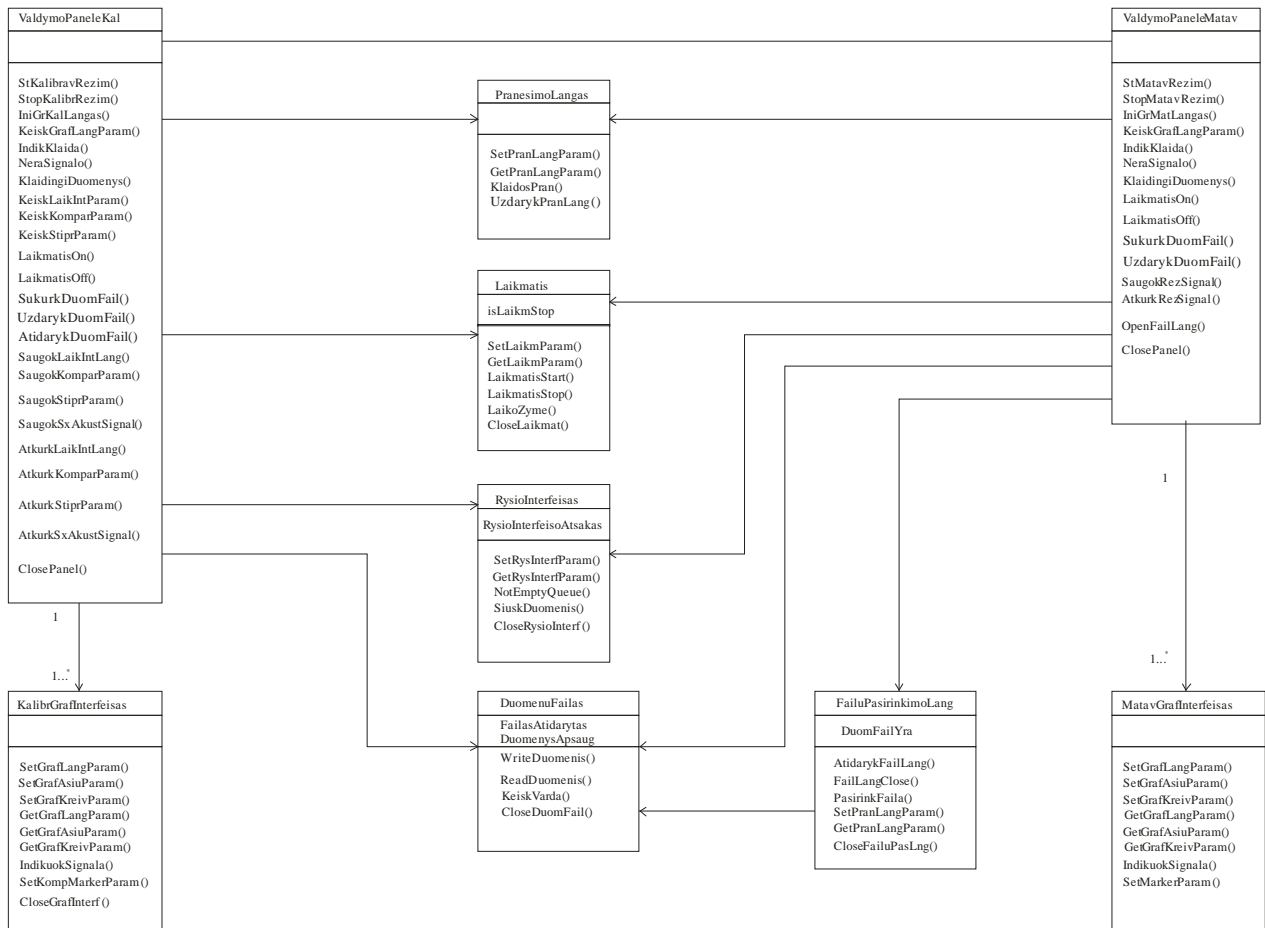


Pav. 6. PĮ struktūrinė schema paketų lygyje.

Paketas „Vartotojo sąsaja“ apima klases, kurios skirtos realizuoti vartotojo valdymo, matavimo duomenų atvaizdavimo bei PĮ bendravimo su vartotoju funkcijas. Pakete „Kalibravimas“ apjungtos PĮ klasės, kurios realizuoja neinvazinio smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenos stebėsenos prietaiso KR funkcijas. Paketas „Matavimas“ apima klases, kurios skirtos realizuoti MR išskeltus reikalavimus PĮ.

3.2.4.1 Paketas „Vartotojo sąsaja“

Pakete „Vartotojo sąsaja“ apjungtos PĮ klasės, kurios realizuoja vartotojo techninės bei programinės įrangų valdymo, matavimo duomenų atvaizdavimo bei PĮ bendravimo su vartotoju funkcijas. Paketas sudarytas iš klasių: *ValdymoPaneleKal*, *ValdymoPaneleMatav*, *KalibrGrafInterfeisas*, *MatavGrafInterfeisas*, *FailuPasirinkimoLangas*, *DuomenuFailas*, *PranesimuLangas*, *Laikmatis*, *RysioInterfeisas*. Paketo struktūra realizuota klasių diagramoje (pav. 7).



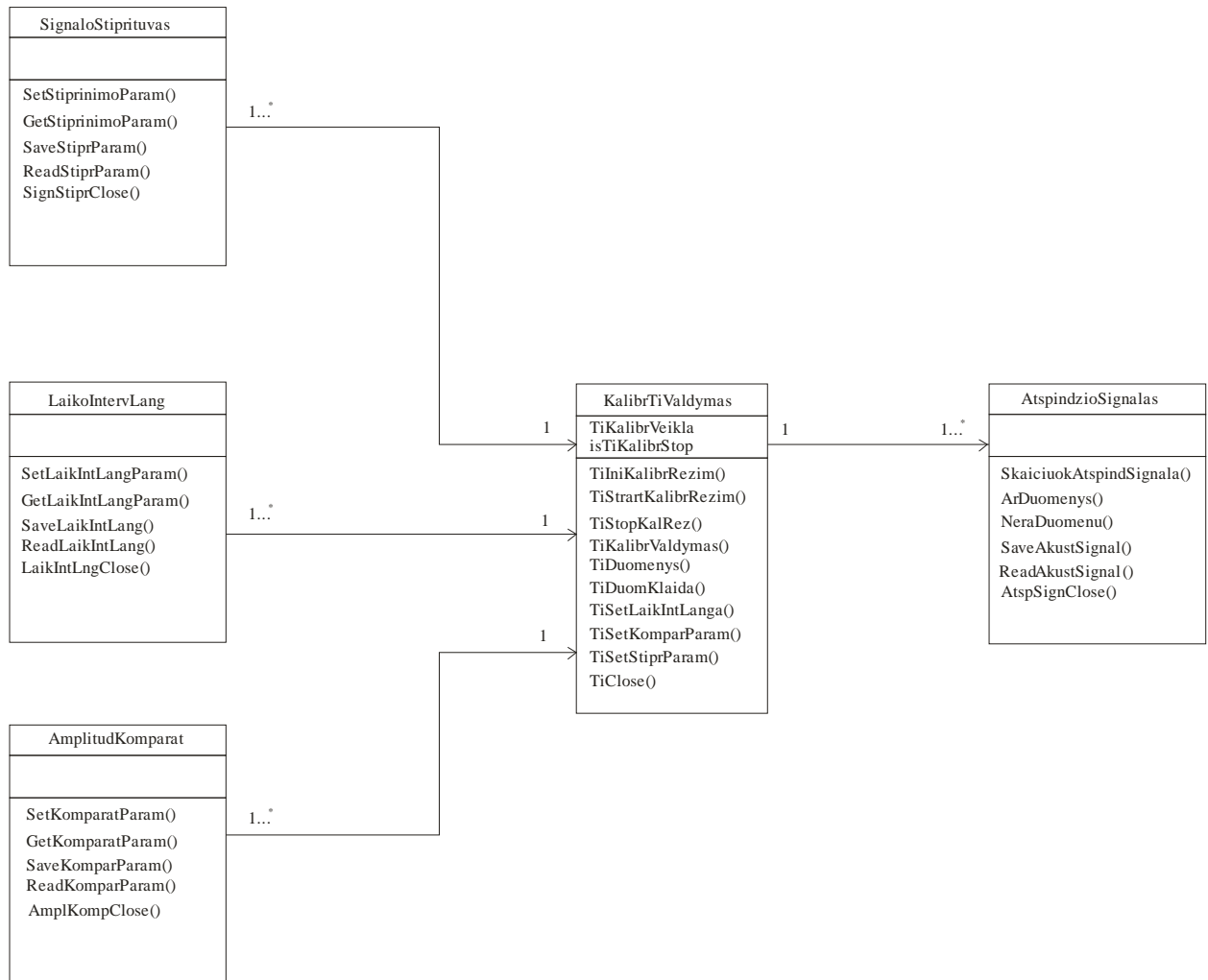
Pav. 7. Paketo „Vartotojo sąsajos“ klasių diagrama.

Klasė *ValdymoPaneleKal* skirta valdyti PĮ kalibravimo režimo (KR) metu. Jos pagalba apjungiamos kitos klasės, naudojamos KR metu. Klasė *ValdymoPaneleMatav* apjungia matavimo režimo (MR) metu naudojamas klases bei realizuojami atitinkami objektai. Klasės *KalibrGrafInterfeisas* ir *MatavGrafInterfeisas* skirtos kurti objektams grafiniam duomenų atvaizdavimui, atitinkamai KR ir MR metu. Jų metodų pagalba atliekamas grafinių objektų valdymas. Klasė *PranesimuLangas* naudojama PĮ bendravimui su vartotoju – įvairių pranešimų atvaizdavimui. Klasė *FailuPasirinkimoLangas* realizuoja vartotojo duomenų failų pasirinkimo funkciją. Klasė *DuomenuFailas* skirta duomenų saugojimo bei atgaminimo įvairiais formatais valdymui. Klasė *Laikmatis* skirta kurti objektams, kurių pagalba lygiais laiko momentais išvedama grafinė informacija. Klasė *RysioInterfeisas* skirta ryšiui su personalinio kompiuterio (PC) sąsaja, prie kurio prijungta techninė įranga (TI).

Detali klasių specifikacija pateikta priede (priedas 9.2).

3.2.4.2 Paketas „Kalibravimas“

Pakete „Kalibravimas“ apima PĮ klasės, kurios realizuoja neinvazinio CA būsenos stebėsenos prietaiso kalibravimo režimo (KR) funkcijas. KR metu vartotojas prietaisą paruošia matavimo režimui. Paketas sudarytas iš klasių: *KalibrTivaldymas*, *LaikoInterLang*, *AmplitudKomparat*, *SignaloStiprintuvas*, *AtspindžioSignalas*. Paketo struktūra realizuota klasių diagramoje (pav. 8).



Pav. 8. Paketo „Kalibravimas“ klasių diagrama.

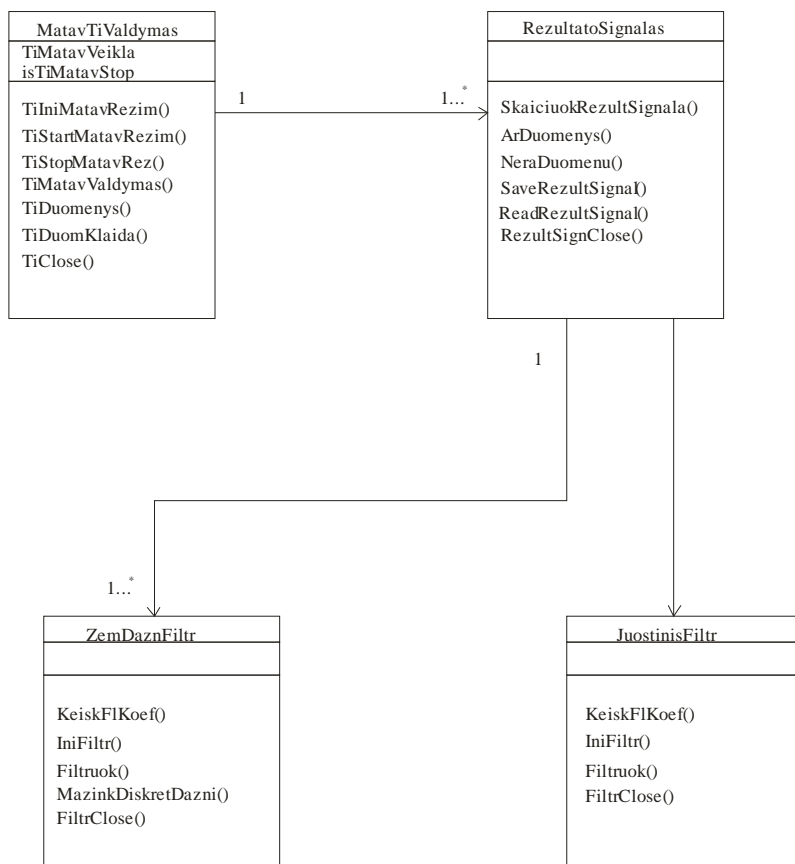
Klasė *KalibrTivaldymas* skirta valdyti TĮ kalibravimo režimo metu: konvertuoti gaunamą iš ryšio sąsajos duomenų srautą į PĮ naudojamą duomenų struktūrą, atlikti ryšio sąsajos ir gaunamų duomenų kontrolę. Klasė *LaikoInterLang* naudojama valdyti TĮ, signalų analizės

laikiniams langams keisti. Klasė *AmplitudKomparat* skirta valdyti TĮ – keisti akustinių signalų stiprintuvų stiprinimo koeficientams. Klasė *AtspindzioSignalas* naudojama atspindėtų ir praėjusių akustinių signalų priėmimui iš elektroninio valdymo bei atvaizdavimui grafiniėje sąsajoje.

Detali klasių specifikacija pateikta priede (priedas 9.2).

3.2.4.3 Paketas „Matavimas“

Pakete „Matavimas“ apjungtos PĮ klasės, kurios realizuoja neinvazinio smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenos stebėsenos prietaiso matavimo režimo (MR) funkcijas. MT režimo metu šių klasių pagalba realizuojamas duomenų apdorojimo algoritmas (pav. 3). Paketas sudarytas iš klasių: *MatavTiValdymas*, *RezultatoSignalas*, *ZemDaznFiltr* ir *JuostinisFiltr*. Paketo struktūra realizuota klasių diagramoje (pav. 9).



Pav. 9. Paketo „Matavimas“ klasių diagrama.

Klasė *MatavTiValdymas* skirta valdyti TĮ matavimo režimo metu: konvertuoti gaunamą iš ryšio sąsajos duomenų srautą į PĮ naudojamą duomenų struktūrą, atlikti ryšio sąsajos ir gaunamų duomenų kontrolę. Klasė *RezultatoSignalas* naudojama formuoti MR rezultatų signalams. Klasė *ZemDaznFiltr* skirta matuojamų signalų aukšto dažnio komponentų filtravimui ir diskretizacijos dažniui mažinti. Klasė *JuostinisFiltr* naudojama galutiniam matuojamų signalų filtravimui.

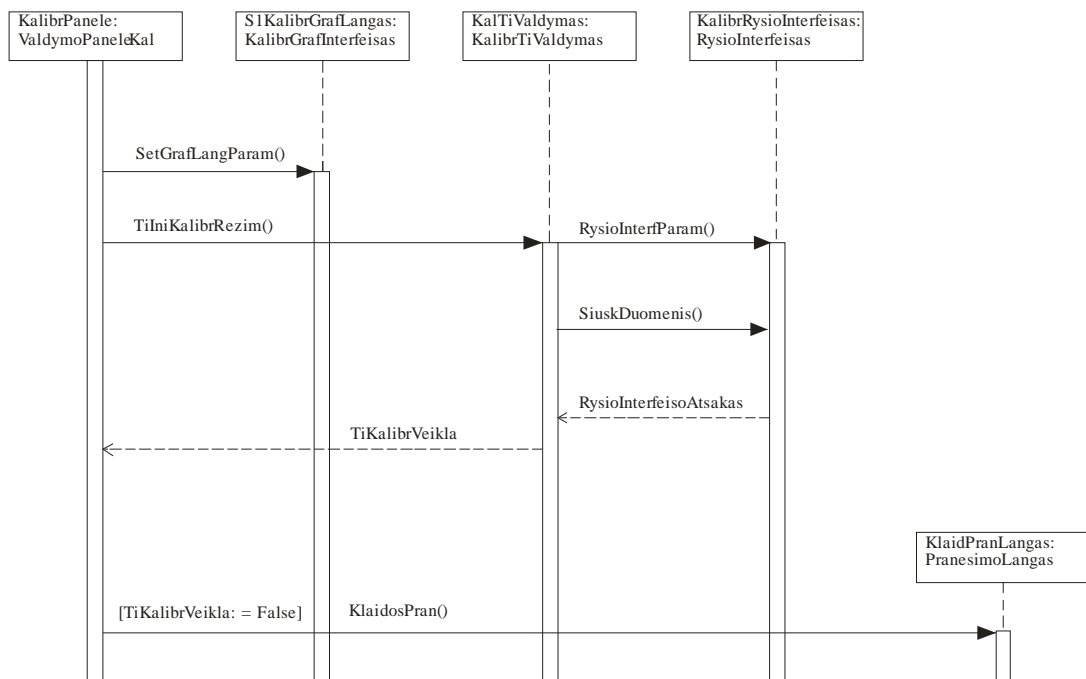
Detali klasių specifikacija pateikta priede (priedas 9.2).

3.2.5 PĮ struktūros specifikacija, dinaminis vaizdas

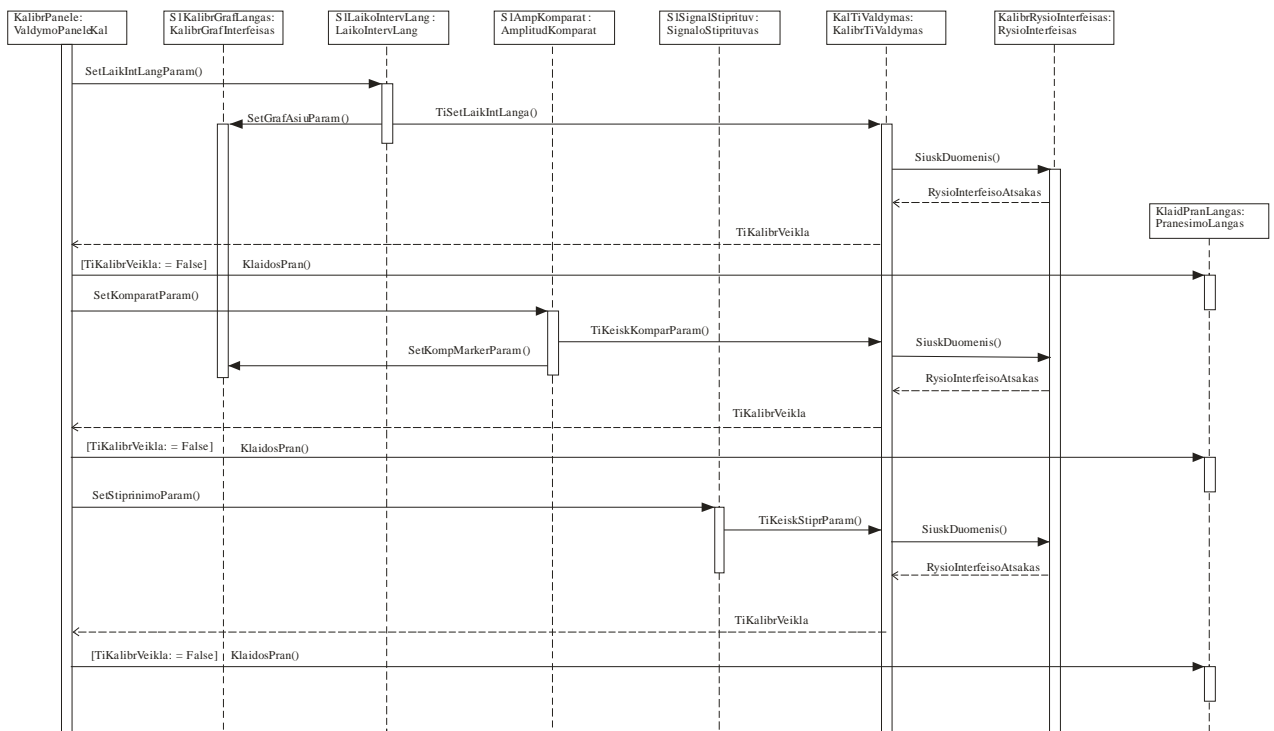
Šiame skyriuje pateikiamos PĮ architektūros dinaminis vaizdas. Sekų diagramų pagalba parodomas klasių bendradarbiavimas, naudojami metodai bei objektų gyvavimo trukmė. Kiekviena sekų diagrama realizuoja konkretų panaudojimo atvejį. Panaudojimo atvejai specifikuoti skyriuje 3.2.1 (lentelė 1-11).

Pateikiamos sekančios sekų diagramos:

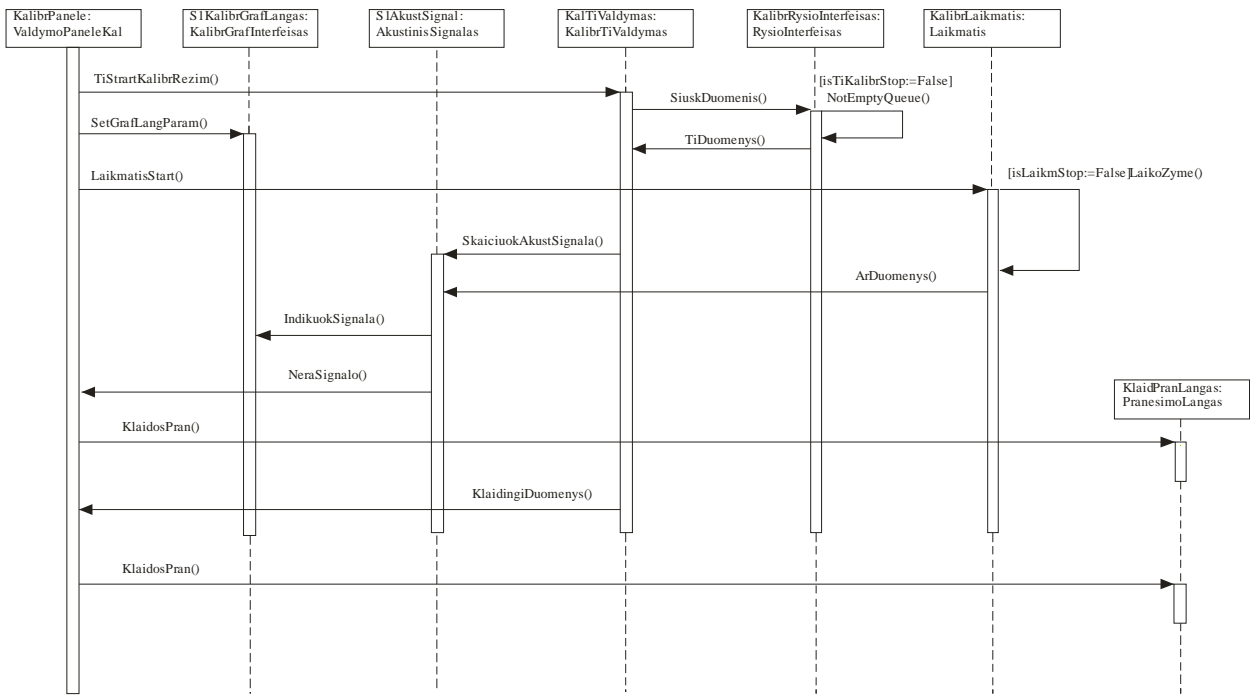
- sekų diagrama „Paleisti kalibravimo režimą“ (pav. 10);
- sekų diagrama „Nustatyti kalibravimo režimo parametrus“ (pav. 11);
- sekų diagrama „Registruoti kalibravimo režimo duomenis“ (pav. 12);
- sekų diagrama „Stabdyti kalibravimo režimą“ (pav. 13);
- sekų diagrama „Užrašyti kalibravimo režimo rezultatus“ (pav. 14);
- sekų diagrama „Atgaminti kalibravimo režimo rezultatus“ (pav. 15);
- sekų diagrama „Paleisti matavimo režimą“ (pav. 16);
- sekų diagrama „Registruoti matavimo režimo duomenis“ (pav. 17);
- sekų diagrama „Stabdyti matavimo režimą“ (pav. 18);
- sekų diagrama „Užrašyti matavimo režimo rezultatus“ (pav. 19);
- sekų diagrama „Atgaminti matavimo režimo rezultatus“ (pav. 20).



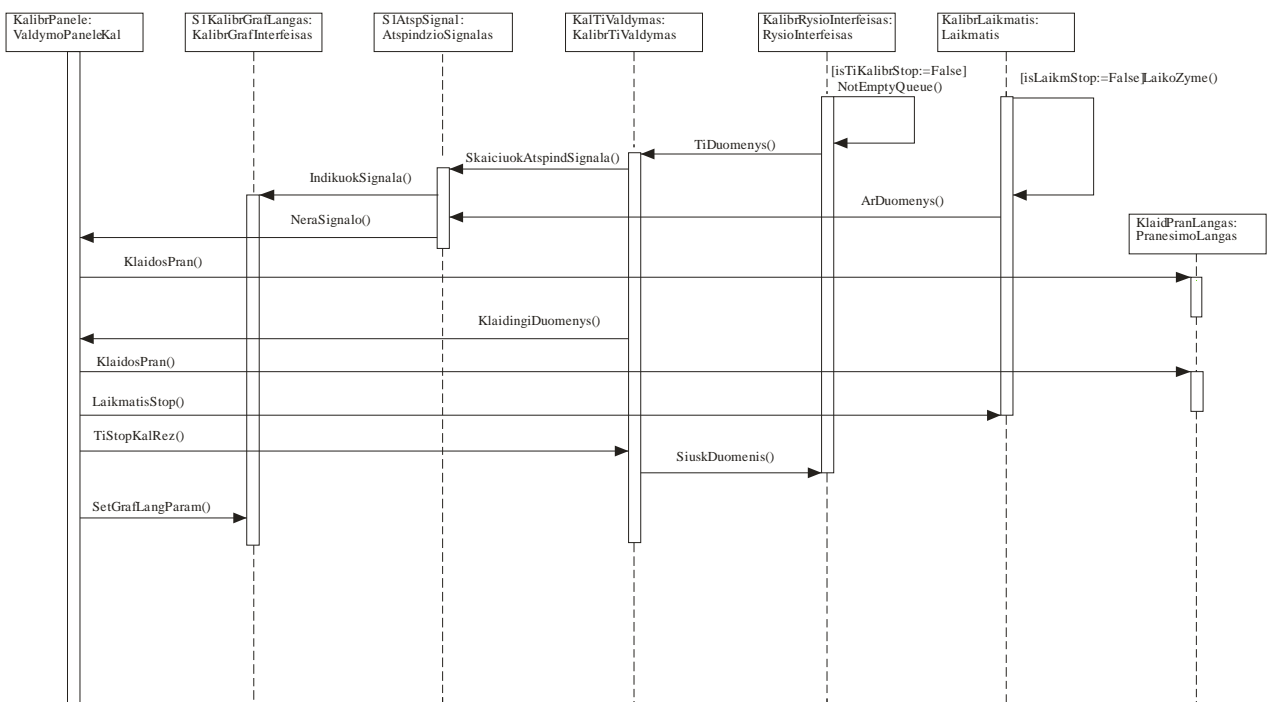
Pav. 10. Sekų diagrama „Paveisti kalibravimo režimą“.



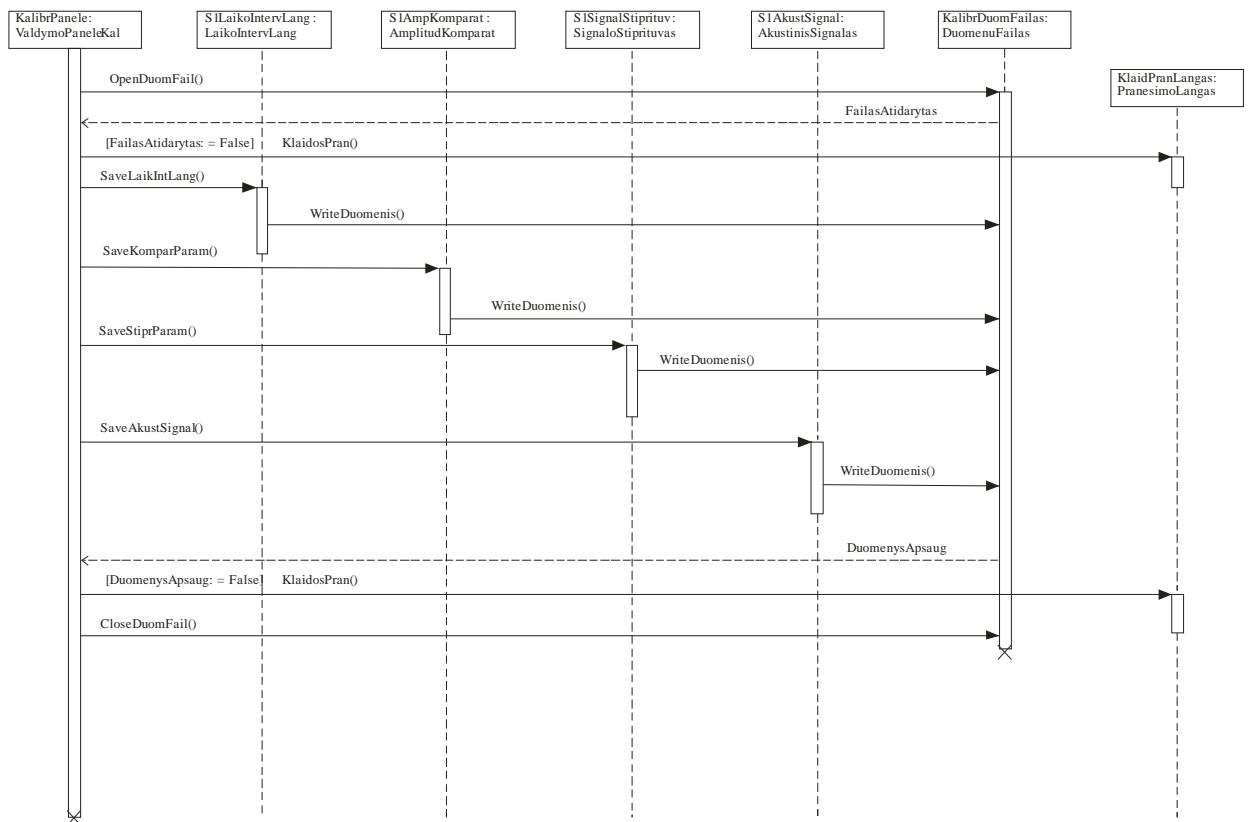
Pav. 11. Sekų diagrama „Nustatyti kalibravimo režimo parametrus“.



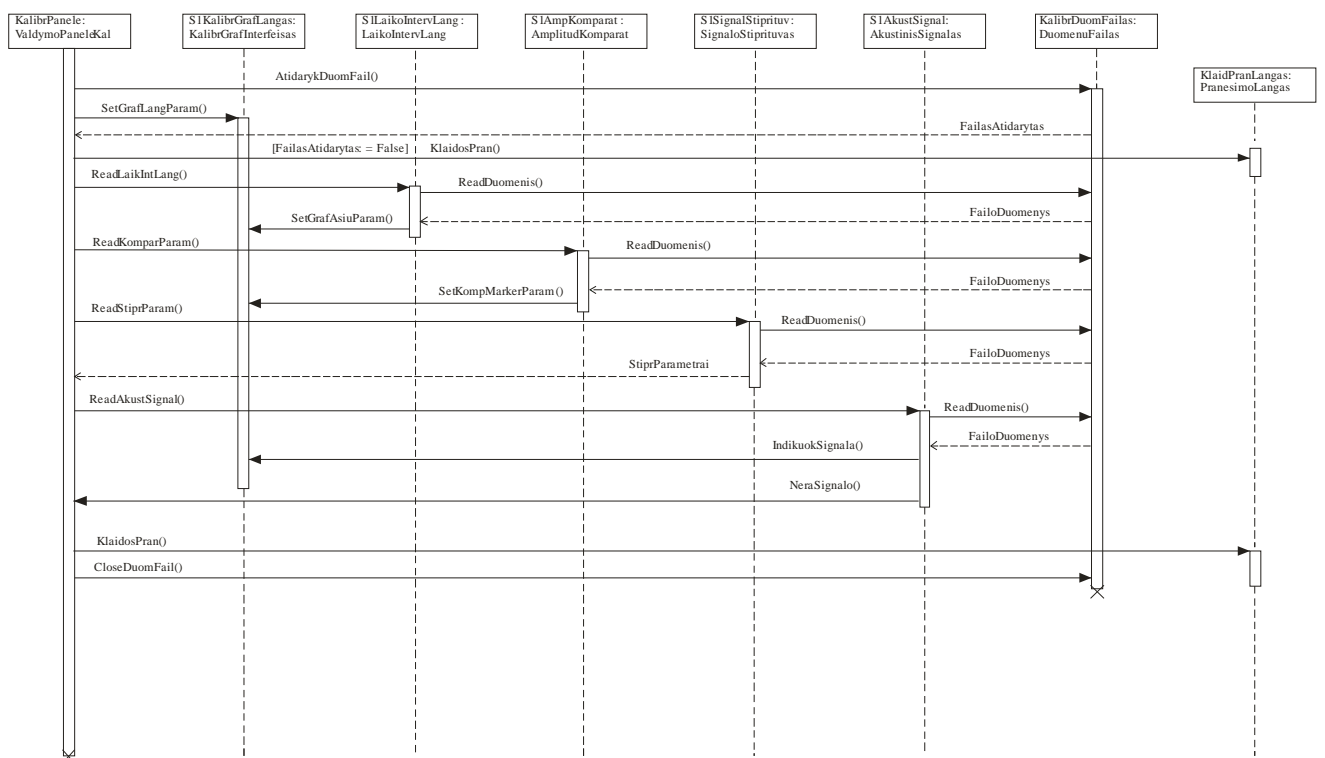
Pav. 12. Sekų diagrama „Registruoti kalibravimo režimo duomenis“.



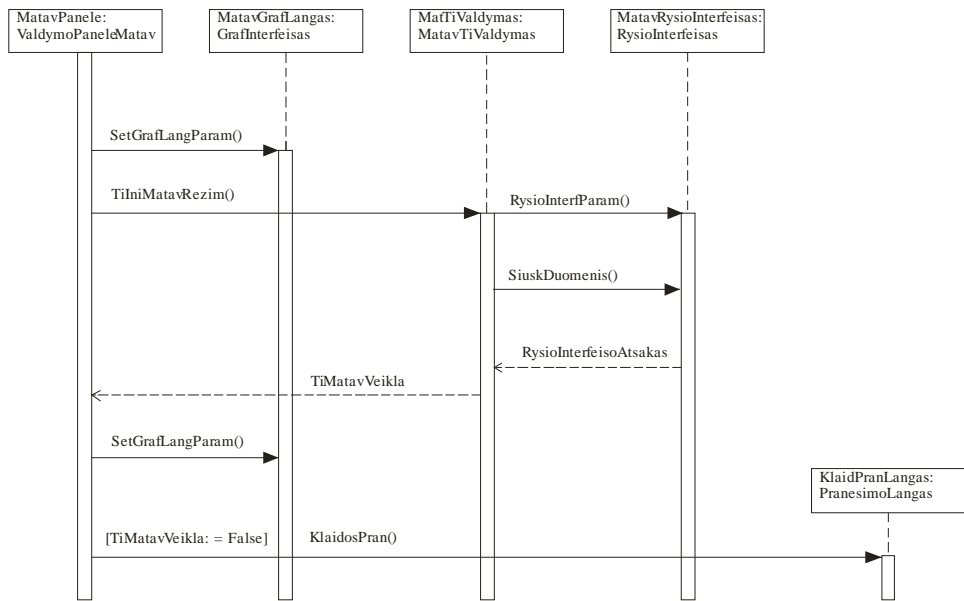
Pav. 13. Sekų diagrama „Stabdyti kalibravimo režimą“.



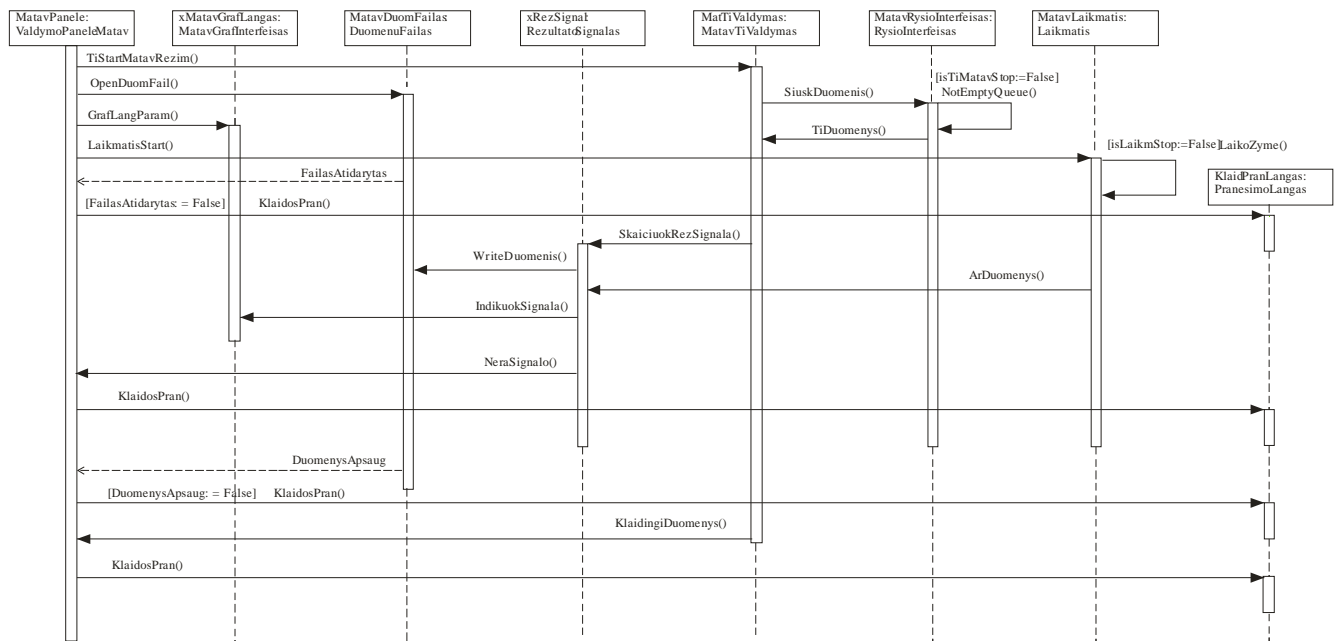
Pav. 14. Sekų diagrama „Užrašyti kalibravimo režimo rezultatus“.



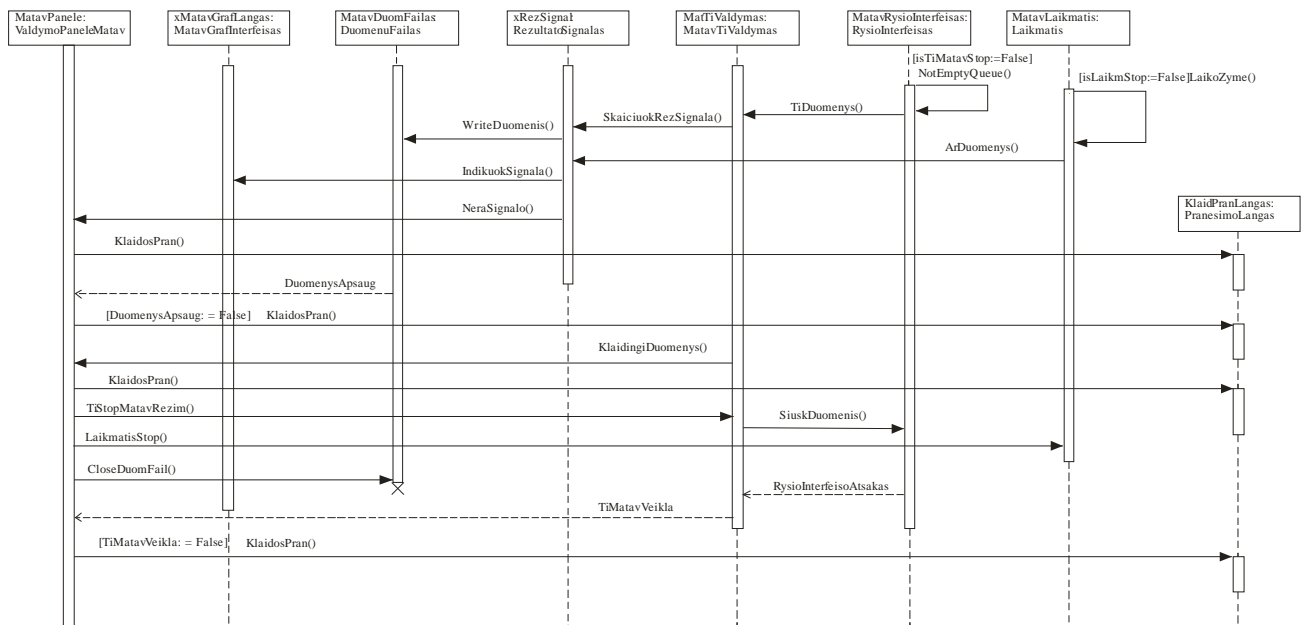
Pav. 15. Sekų diagrama „Atgaminti kalibravimo režimo rezultatus“.



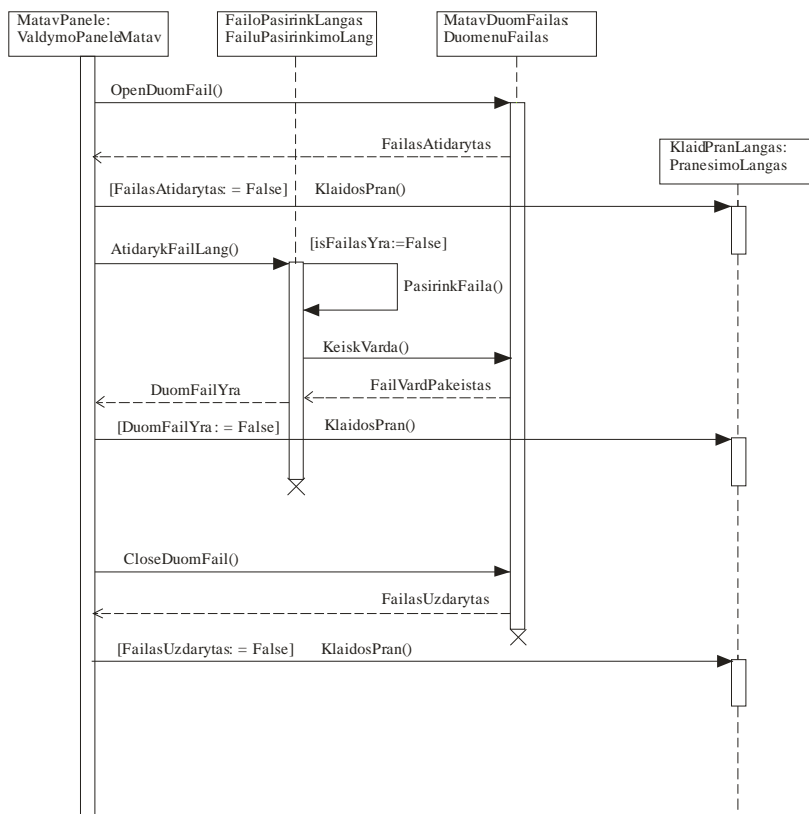
Pav. 16. Sekų diagrama „Paleisti matavimo režimą“.



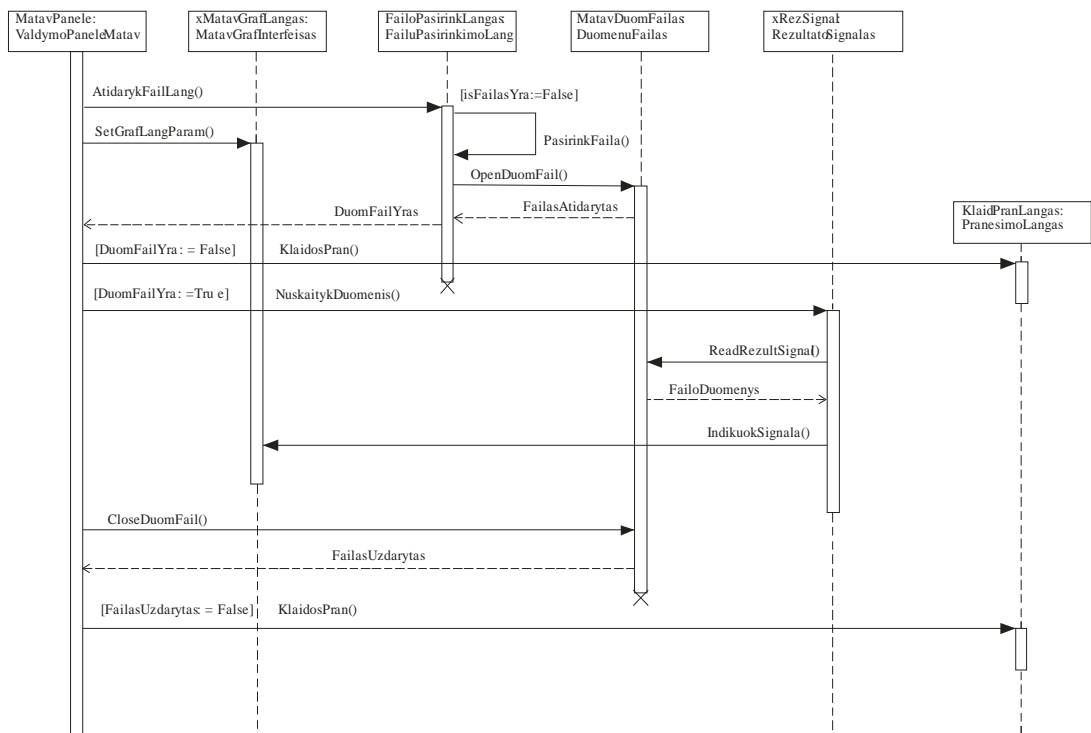
Pav. 17. Sekų diagrama „Registruoti matavimo režimo duomenis“.



Pav. 18. Sekų diagrama „Stabdyti matavimo režimą“.



Pav. 19. Sekų diagrama „Užrašyti matavimo režimo rezultatus“.



Pav. 20. Sekų diagrama „Atgaminti matavimo režimo rezultatus“.

3.2.6 Testavimo planas

Programinė įrangos atitikimui specifikuotiems reikalavimams nustatyti, sudarome testavimo planą (lentelė 15). Testavimo plano sudarymui naudosime specifikuotus panaudojimo atvejus (lentelė 4-14). Atskirai testuosime kalibravimo ir matavimo režimus.

Lentelė 15: Testavimo planas.

Nr	Testo žingsnis	Laukiama PĮ reakcija
1	Paleisti kalibravimo režimą	Įjungiamas KR langas. Nustatomi ryšio sąsajos parametrai. Siunčiamos valdymo komandos į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Ekrane išvedami kairiojo ultragarsinio keitiklio akustiniai signalai: atspindėtas nuo kaukolės ir praėjęs pro kaukolę bei dešinio ultragarsinio keitiklio atspindėjęs nuo kaukolės akustinis signalas. Išvedamas

Nr	Testo žingsnis	Laukiama PĮ reakcija
		klaidos pranešimas, jei nėra tinkamo atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ.
2	Nustatyti KR parametrus	Įjungiamas kalibravimo režimo parametrų keitimo langas. Galima keisti kalibravimo režimo parametrus. Siunčiamos valdymo komandas ir kalibravimo režimo parametrai į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Ekrane, pagal pakeistus parametrus, išvedami kairiojo ultragarsinio keitiklio akustiniai signalai: atspindėtas nuo kaukolės ir praėjęs pro kaukolę bei dešinio ultragarsinio keitiklio atspindėjęs nuo kaukolės akustinis signalas. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra tinkamo atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ.
3	Registruoti KR duomenis	Vienodais laiko momentais siunčiamos valdymo komandos į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Ekrane stebimi besikeičiantys kairiojo ultragarsinio keitiklio akustiniai signalai: atspindėtas nuo kaukolės ir praėjęs pro kaukolę bei dešinio ultragarsinio keitiklio atspindėjęs nuo kaukolės akustinis signalas. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra tinkamo atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ.
4	Stabdyti kalibravimo režimą	Siunčiamos valdymo komandas į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Nutraukiamas kalibravimo režimo duomenų atvaizdavimas ekrane. Uždaromas KR langas. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra tinkamo atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ.
5	Užrašyti KR rezultatus	Siunčiamos valdymo komandas į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Suformuojamas laikinas failas, su KR metu užregistruotais duomenimis. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra tinkamo atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ.
6	Paleisti matavimo režimą	Siunčiamos valdymo komandas į CA stebėsenos

Nr	Testo žingsnis	Laukiama PĮ reakcija
		prietaiso TĮ. MR lange grafinėje sąsajoje indikuojami signalai: IBV pulsinės bangos, IBV ir RW kvėpavimo bangos ir fazės skirtumas tarp IBV ir RW kvėpavimo bangų. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra tinkamo atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ.
7	Registruoti MR duomenis	Ekrane stebimi atsinaujinantys signalai: IBV pulsinės bangos, IBV ir RW kvėpavimo bangos ir fazės skirtumas tarp IBV ir RW kvėpavimo bangų. Laiko skalėje indikuojama laiko tėkmė. Išvedamas klaidos pranešimas, jei iš TĮ negaunami duomenis ar duomenys neteisingi.
8	Stabdyti matavimo režimą	Siunčiamos valdymo komandas į CA stebėsenos prietaiso TĮ. Stabdomas matavimo režimo duomenų atvaizdavimas ekrane. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nėra tinkamo atsako iš CA stebėsenos prietaiso TĮ.
9	Užrašyti MR rezultatus	Atidaromas failų pasirinkimo langas. Matavimo režimo duomenys išsaugomi, pasirinktame faile kompiuterio kietame diske. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nepasiseka užsaugoti failo.
10	Atgaminti matavimo režimo rezultatus	Atidaromas failų pasirinkimo langas. Atidaromas pasirinktas failas su matavimo režimo duomenimis. Ekrane indikuojami signalai: IBV pulsinės bangos, IBV ir RW kvėpavimo bangos ir fazės skirtumas tarp IBV ir RW kvėpavimo bangų. Išvedamas klaidos pranešimas, jei nepasiseka atidaryti pasirinkto failo.
11	Atgaminti kalibravimo režimo rezultatus	Atidaromas failas su kalibravimo režimo duomenimis. Užkraunamas KR langas su grafine sąsaja. Ekrane išvedami kairiojo ultragarsinio keitiklio akustiniai signalai: atspindėtas nuo kaukolės ir praėjęs pro kaukolę bei dešinio

Nr	Testo žingsnis	Laukiama PĮ reakcija
		ultragarsinio keitiklio atspindėjusio nuo kaukolės akustinis signalas. Ekrane parodomas vartotojo naudotos laikinės žymės.

4. VARTOTOJO DOKUMENTACIJA

4.1 Programinės įrangos aprašymas

Programinę įrangą skirta cerebralinės kraujotakos autoreguliacijos (CA) stebėsenos signalų analizei. PĮ yra sudedamoji dalis pilnai neinvazinio CA būsenos stebėsenos eksperimentinio prietaiso. Šio prietaiso pagalba atliekami tyrimo darbai, kurių metu realiu laiku ir nenutrūkstamai atliekama paciento autoreguliacijos būsenos stebėseną, kaupiami eksperimentų duomenys tolesnei jų analizei. Matavimai atliekami tiek su sveikais savanoriais laboratorijos sąlygomis, tiek su įvairios būklės pacientais intensyvios terapijos skyriuose. Atliekamų eksperimentų tikslas yra iširti smegenų kraujotakos autoreguliacijos ypatybes lėtųjų, kvėpavimo ir pulsinių bangų analizės atvejais, nustatyti priklausomybes tarp kvėpavimo bangų parametrų kraniospinalinės sistemos įėjime, smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenos ir intrakranijinių tūrinių bangų parametrų visame kraujotakos autoreguliacijos parametrų diapazone.

PĮ pagalba registruojamos IBV pulsinės bangos, IBV ir RW kvėpavimo bangos bei matuojamas fazės postūmis tarp IBV ir RW kvėpavimo bangų.

Naudodamasis PĮ vartotojas pilnai valdo prietaiso elektroninį bloką tiek kalibravimo tiek matavimo režimuose. PĮ vartotojui leidžia apsaugoti, o vėliau atgaminti stebėsenos metu užregistruotus duomenis. Užregistruotus ar atgamintus duomenis galima atspausdinti arba eksportuoti į tekstinius failus, tam kad būtų galima juos analizuoti kitais programiniais paketais.

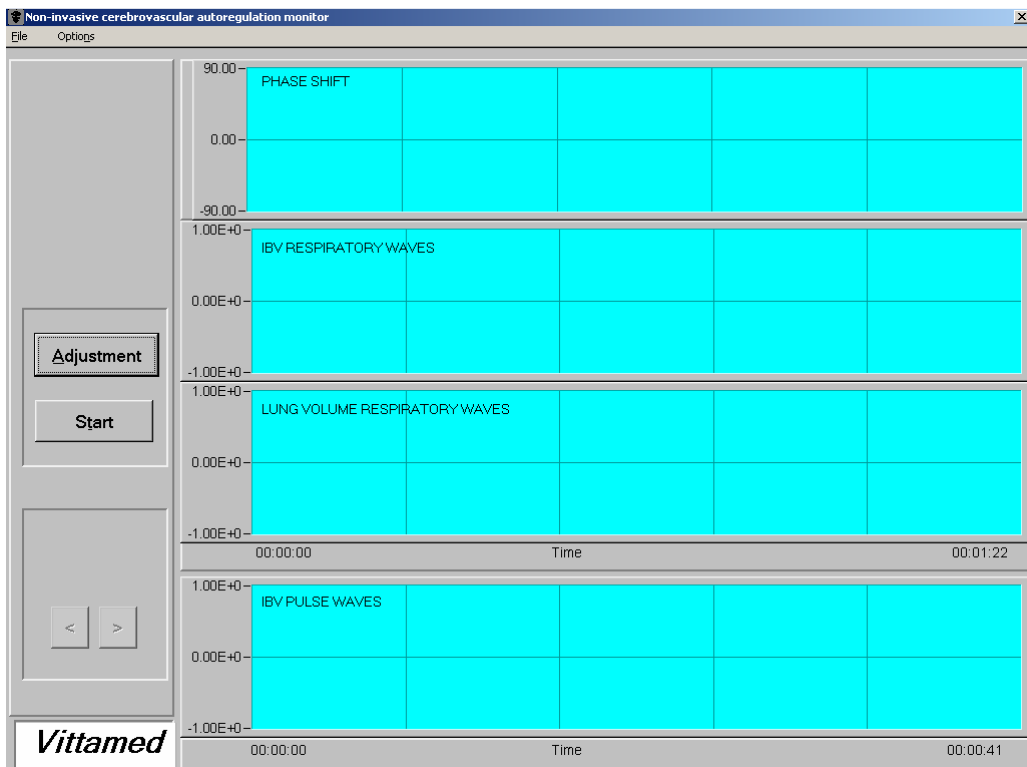
4.2 Programinės įrangos vadovas

PĮ paleidžiama dvigubu pelės klavišo paspaudimu ikonos „CaMonitor“ kompiuterio darbastalyje (pav. 21).



Pav. 21. Programinės įrangos paleidimas.

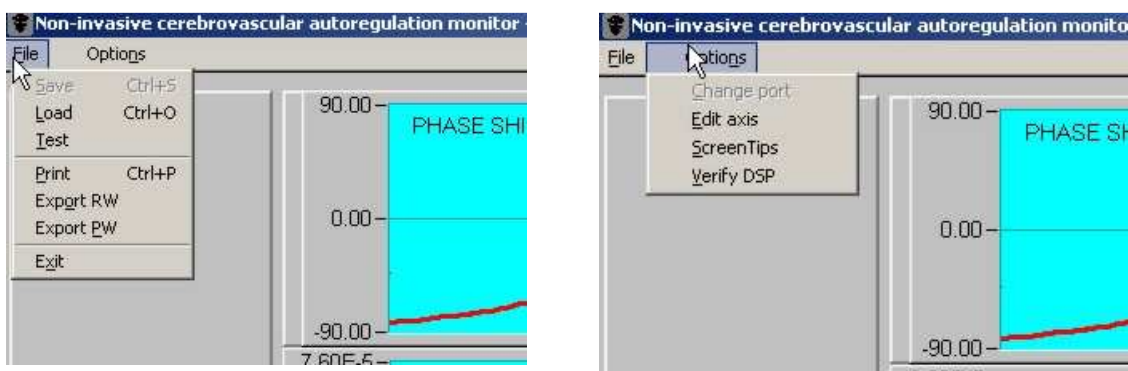
Po PĮ paleidimo, atsidaro pagrindinis matavimo režimo programos langas „Non-invasive cerebrovascular autoregulation monitor“ (pav. 22).



Pav. 22. PĮ matavimo režimo langas.

PĮ matavimo režimo lange yra sekantys objektai:

- „PHASE SHIFT“ – fazės skirtumo tarp IBV ir RW kvėpavimo bangų grafinis išvedimo langas;
- „IBV RESPIRATORY WAVES“ – IBV kvėpavimo bangų grafinis išvedimo langas;
- „LUNG VOLUME RESPIRATORY WAVES“ – atraminio kvėpavimo bangų signalo, gaunamo iš kvėpavimo judesių jutiklio, grafinis išvedimo langas;
- „IBV PULSE WAVES“ – IBV pulsinių bangų grafinis išvedimo langas;
- „Adjustment“ – kalibravimo režimo paleidimo klavišas. Klavišą galima aktyvuoti pelės paspaudimu arba klavišų kombinacija: „Alt-a“;
- „Start“ – matavimo režimo paleidimo klavišas. Klavišą galima aktyvuoti pelės paspaudimu arba klavišų kombinacija: „Alt-t“. Aktyvavus šį klavišą, PĮ pereina į CA stebėsenos režimą, Klavišo užrašas „Start“ keičiasi į „Stop“. Paspaudus klavišą „Stop“, stabdomas CA stebėsenos režimas;
- „<“, „>“ – signalų grafikų stumdymui laiko ašyje klavišai;
- „File“ – meniu punktas (pav. 23), kuri galima aktyvuoti pelės paspaudimu arba klavišų kombinacija: „Alt-f“;
- „Options“ – meniu punktas (pav. 23), kuri galima aktyvuoti pelės paspaudimu arba klavišų kombinacija: „Alt-n“.

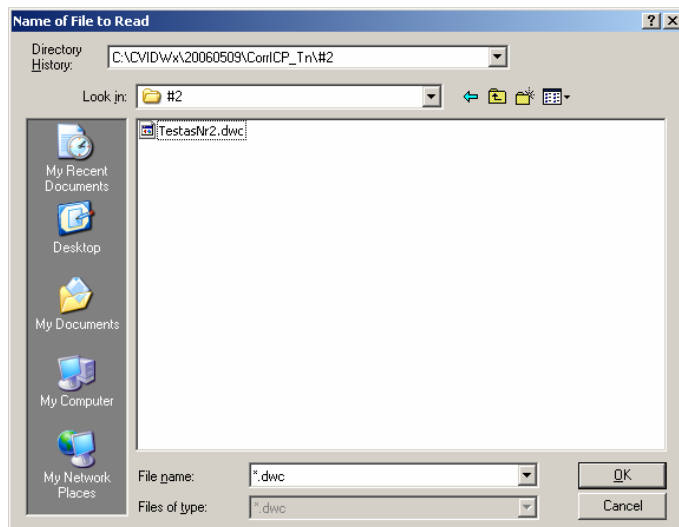


Pav. 23. PĮ meniu „File“ ir „Options“.

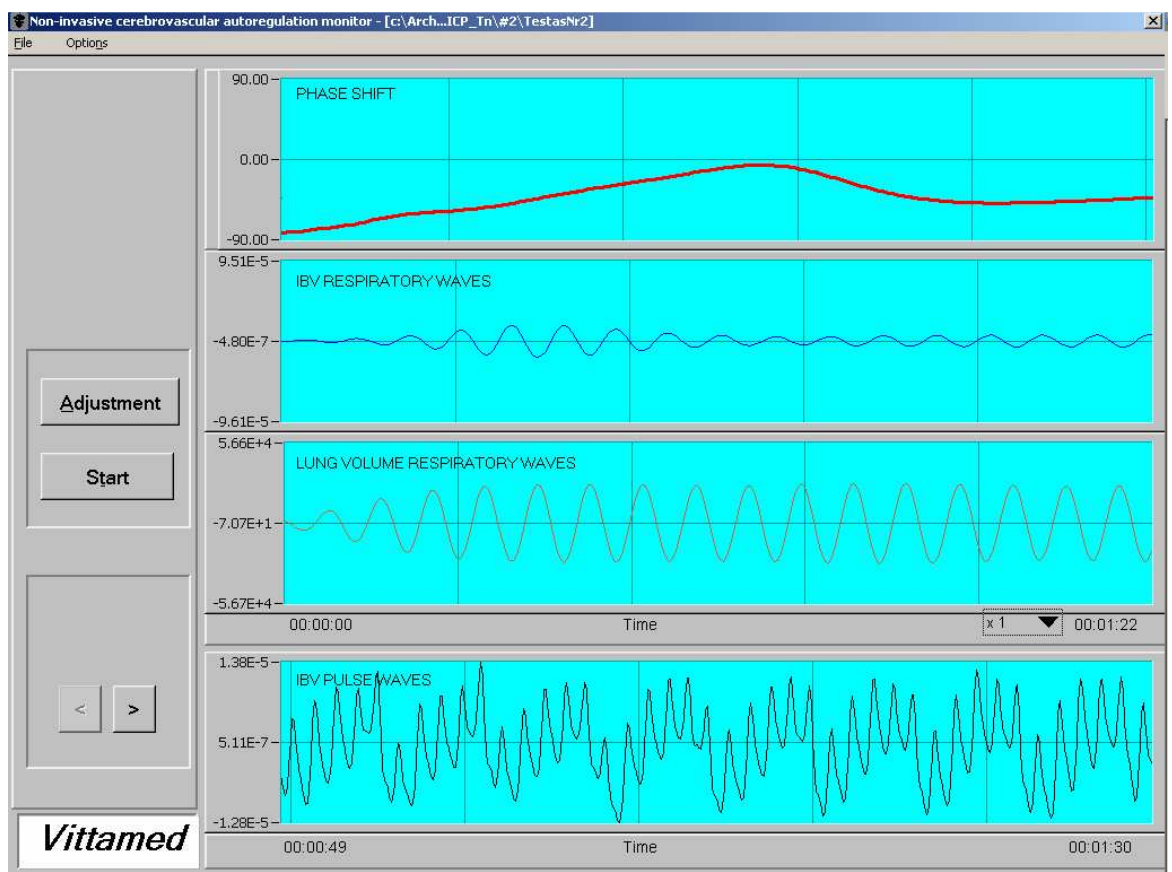
Meniu „File“ galima išrinkti tokius submeniu:

- „Save“ – CA stebėsenos duomenų užsaugojimas. Meniu galima aktyvuoti pelės paspaudimu arba klavišų kombinacija: „Ctrl-s“.
- „Load“ – CA stebėsenos užsaugotų duomenų atgaminimas. Meniu galima aktyvuoti pelės paspaudimu arba klavišų kombinacija: „Ctrl-o“. Aktyvavus meniu, atsidaro failų

pasirinkimo langas (pav. 24). Atidarius duomenų failą, užregistruoti signalai atvaizduojami grafiniuose languose (pav. 25).

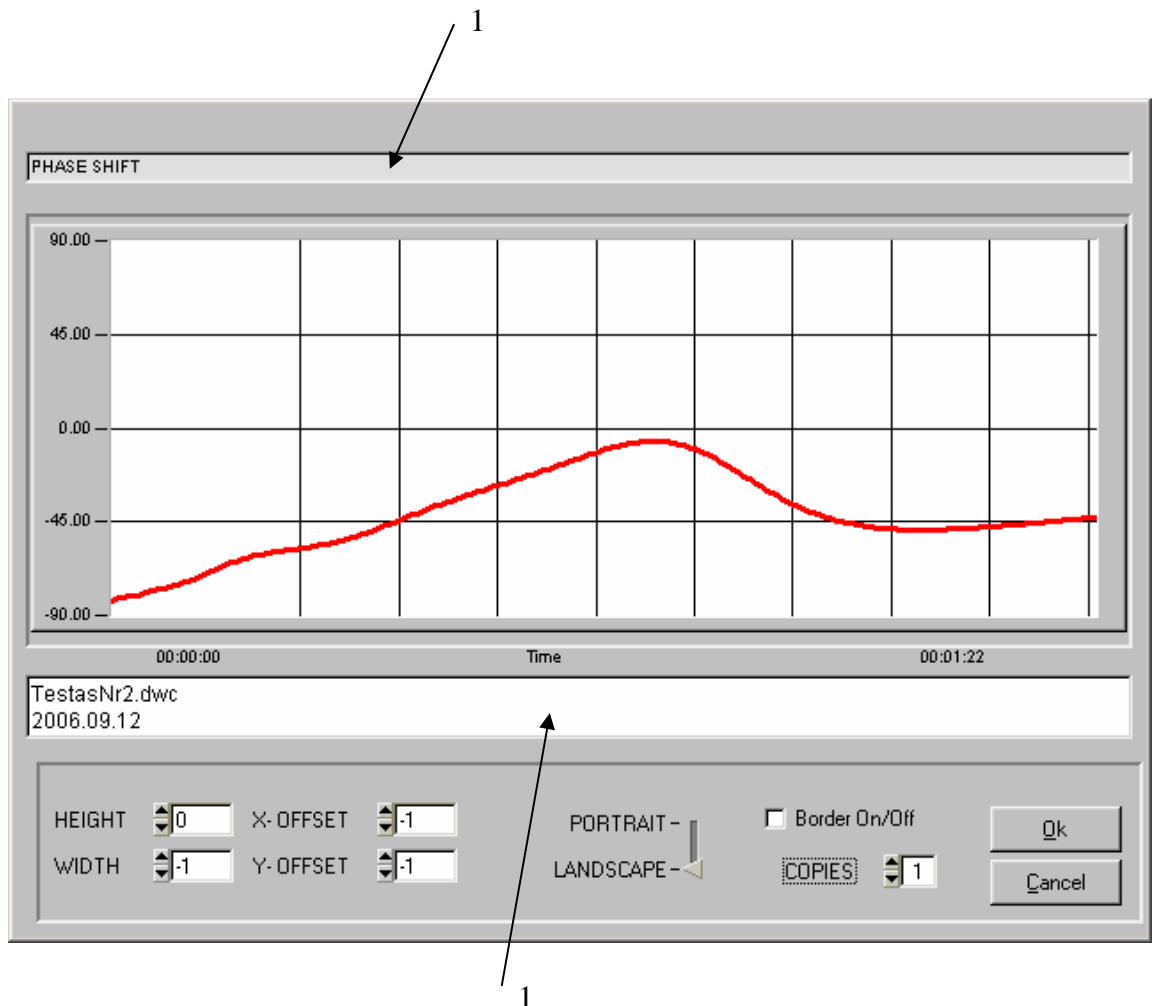


Pav. 24. Duomenų failo pasirinkimo langas.



Pav. 25. CA stebėsenos duomenys.

- „Test“ – išrinkus šį meniu PĮ pereina į testavimo režimą. Jo metu galima simuliuoti stebėsenos režimą, matuojant fazės postūmį tarp dviejų harmoninių signalų.
- „Print“ – skirtas CA stebėsenos užregistruotų ar atgamintų duomenų spausdinimui. Meniu galima aktyvuoti pelės paspaudimu arba klavišų kombinacija: „Ctrl-p“. Aktyvavus meniu, užkraunamas spausdinimo peržiūros langas (pav. 26).



Pav. 26. Spausdinimo peržiūros langas.

- Spausdinimo peržiūros lange yra du laukai (1), kurių turinį galima laisvai pildyti ir/ar keisti.
- „Export RW“ – meniu skirtas, užregistruotų ar atgamintų CA stebėsenos duomenų, eksportui tekstiniame formate. Aktyvavus meniu, į failą įrašoma: fazės skirtumas tarp IBV ir RW kvėpavimo bangų, IBV ir RW kvėpavimo bangos. Išvedamų duomenų diskretizacijos dažnis yra 3,125 Hz.
- „Export PW“ – meniu skirtas, užregistruotų ar atgamintų CA stebėsenos duomenų, eksportui tekstiniame formate. Aktyvavus meniu, į tekstinį failą įrašoma:

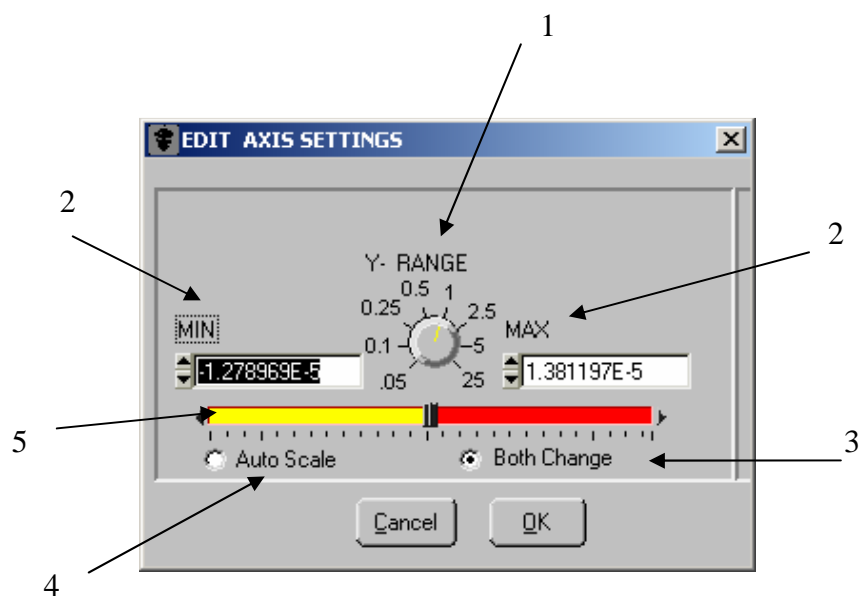
- kairiojo ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, atspindėto nuo keitiklio paviršiaus, uždelsimo laikai;
- kairiojo ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, atspindėto nuo kaukolės kaulo, uždelsimo laikai;
- kairiojo ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, praėjusio pro kaukolę, uždelsimo laikai;
- dešinio ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, atspindėto nuo keitiklio paviršiaus, uždelsimo laikai;
- dešinio ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, atspindėto nuo kaukolės kaulo, uždelsimo laikas;
- dešinio ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, praėjusio pro kaukolę, uždelsimo laikas;
- kvėpavimo bangos (RW) iš kvėpavimo judesių jutiklio amplitudė.

Išvedamų duomenų diskretizacijos dažnis yra 12,5 Hz.

- „Exit“ –menu skirtas išeiti iš PĮ pereina į testavimo režimą. Menu galima aktyvuoti pelės paspaudimu arba klavišų kombinacija: „Alt-F4“.

Menu „Options“ galima išrinkti tokius submenu:

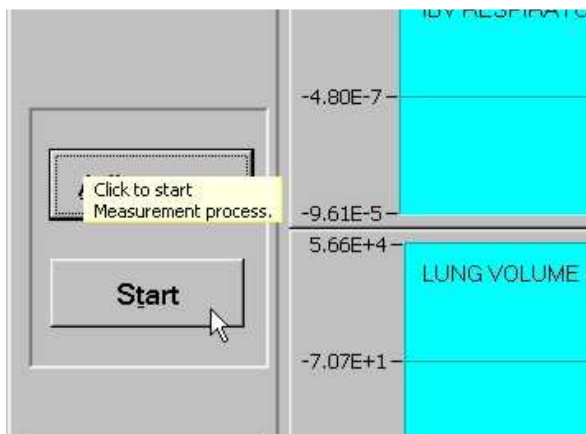
- „Edit axis“ – išrinkus šį menu, užkraunamas grafinės sąsajos Y- ašies redagavimo langas (pav. 27). Y- ašies redagavimo režimą galima aktyvuoti, užėjus ant bet kurio grafinės sąsajos ir paspaudus dešini pelės klavišą.



Pav. 27. Y- ašies redagavimo langas.

Y- ašies redagavimo lange yra sekantys objektai:

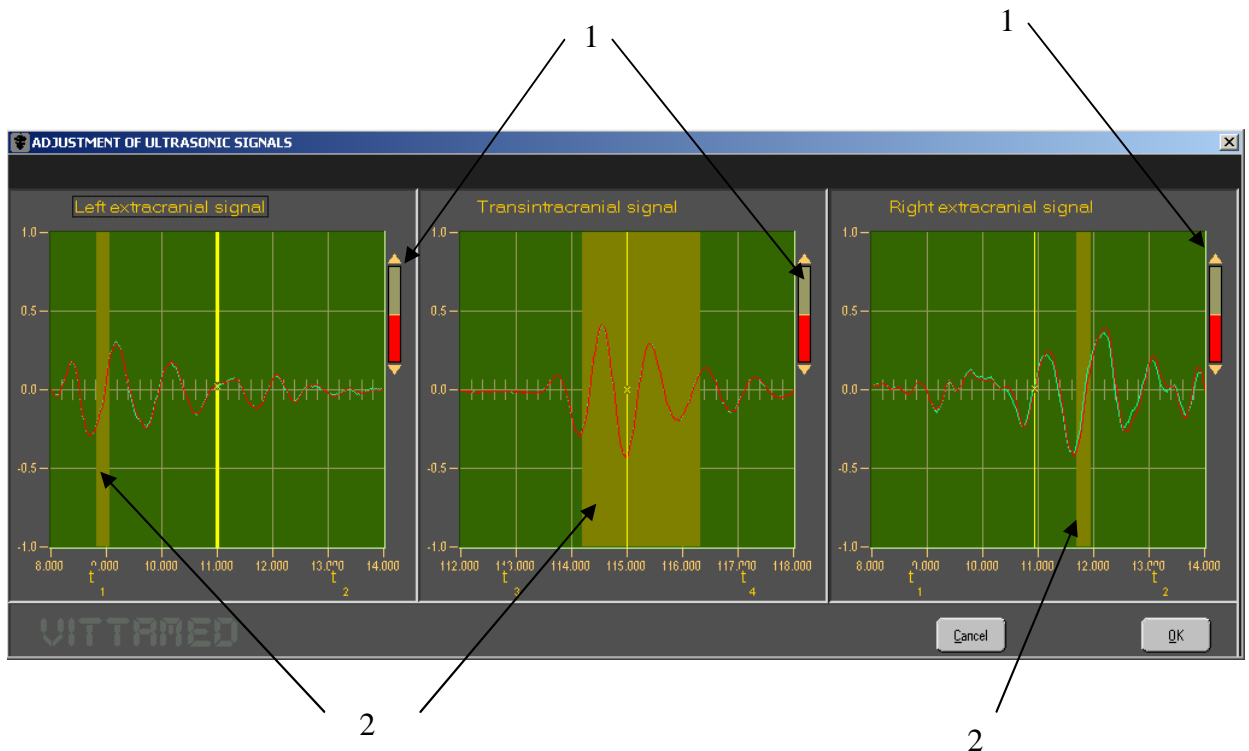
- „Y- RANGE“ – Y- ašies dinaminio diapazono perjungiklis (1);
 - „MIN“ – minimaliai Y- ašies reikšmei įvesti (2);
 - „MAX“ – maksimaliai Y- ašies reikšmei įvesti (2);
 - „Both Change“ – kai aktyvuotas objektas (3), keičiant „MIN“ arba „MAX“ reikšmę, atitinkamai keičiasi „MAX“ / „MIN“ reikšmė, išlaikant tą pati Y- ašies dinaminį diapazoną. Jei objektas (3) neaktyvuotas, keičiant „MIN“ arba „MAX“, atitinkamai „MAX“ / „MIN“ reikšmė nesikeičiami.
 - „Auto Scale“ – aktyvavus objektą (4), signalas automatiškai pastatomas į vidurį ekrano ir Y – dinaminis diapazonas parenkamas taip, kad signalo amplitudė tilptų ekrane;
 - Stumdant šliaužiklį (5), keičiasi Y- minimali bei maksimali reikšmės, o signalas ekrane kyla į viršų ar į apačią;
 - „Ok“ – paspaudus klavišą pakeitimai išsaugomi;
 - „Cancel“ – paspaudus klavišą pakeitimų atsisakoma.
- „Screen Tips“ – aktyvavus meniu, įjungiamas greitos pagalbos režimas. Šiame režime, užėjus su pele ant objekto, šalia objekto rodomas trumpas pagalbos tekstas geltoname fone (pav. 28).



Pav. 28. Greitos pagalbos režimas.

- „Verify DSP“ – meniu skirtas tikrinti vartotojo nustatytus kalibravimo režimo parametrus. Kalibravimo režimas atliekamas prieš, matavimo režimo aktyvavimą.

Aktyvavus meniu „Verify DSP“, atidaromas kalibravimo režimo langas „ADJUSTMENT OF ULTRASONIC SIGNALS“, kuriame indikuojami KR parametrai (pav. 29.).

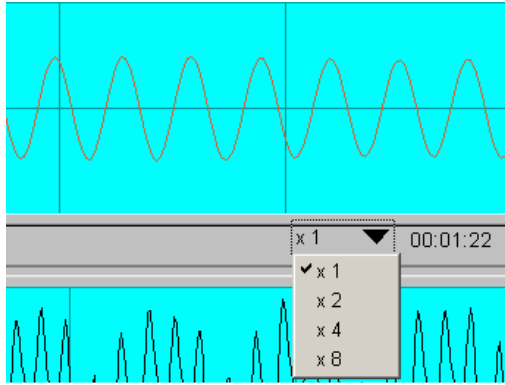


Pav. 29. Kalibravimo režimo langas.

KR lange matomi šie objektai:

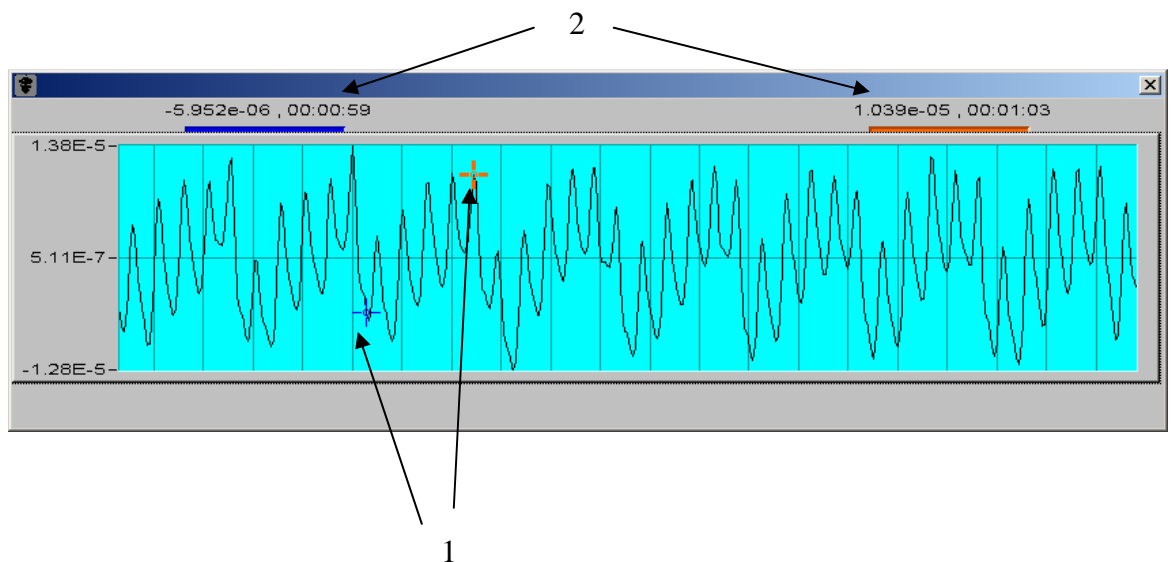
- šliaužikliai (1) – akustinių signalų imtuvo stiprinimui keisti;
- „Left extracranial signal“ – grafinė sąsaja kairiojo ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, atspindėto nuo kaukolės kaulo, indikacijai;
- „Transintracranial signal“ – grafinė sąsaja kairiojo ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, praėjusio pro kaukolę, indikacijai;
- „Right extracranial signal“ – grafinė sąsaja dešinio ultragarsinio keitiklio akustinio signalo, atspindėto nuo kaukolės kaulo, indikacijai;
- vartotojo užduotos laikines žymes (2) – pagal jas formuojami laikiniai langai, akustinių signalų aptikimui;
- Ok“ – paspaudus klavišą, uždaromas KR langas;
- „Cancel“ – paspaudus klavišą, uždaromas KR langas.

CA stebėsenos duomenų peržiūros lange (pav. 25), užėjus su pele ant laiko indikatoriaus ir paspaudus dešinią pelės klavišą, galima keisti laiko skalę (pav. 30).



Pav. 30. Laiko skalės keitimas.

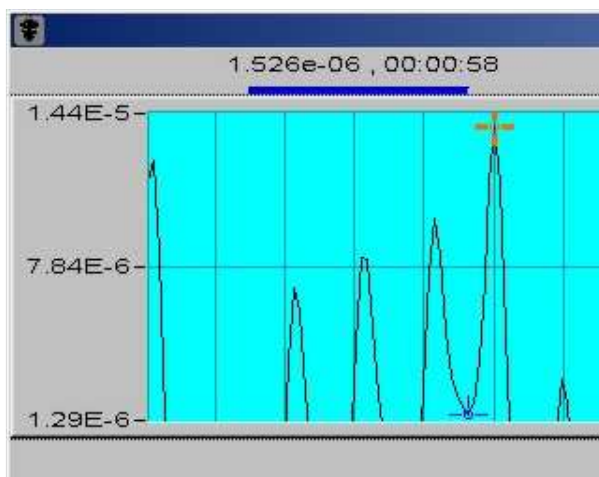
CA stebėsenos duomenų peržiūros lange (pav. 25), užėjus su pele ant bet kurios grafinės sąsajos ir du kartus spustelėjus kairinį pelės klavišą, atidaromas signalo parametrų peržiūros langas (pav. 31).



Pav. 31. Signalų parametrų peržiūros langas.

Signalų parametrų peržiūros lange yra:

- Du skirtingų spalvų markeriai (1) – jų pagalba galima analizuoti stebimo signalo parametrus.
- Du signalo parametrų indikatoriai (2) – rodo signalo amplitudės ir laiko reikšmes susikirtimo su markeriu taške. Laiko indikavimo formatas yra HH:MM:SS. Čia HH – valandos, MM – minutės, SS – sekundės.
- Nuspaudus Ctrl klavišą ir spaudžiant kairinį pelės klavišą, galima didinti (zoom - out) vaizdą, spaudžiant dešinį pelės klavišą, galima mažinti (zoom - in) vaizdą (pav. 32).



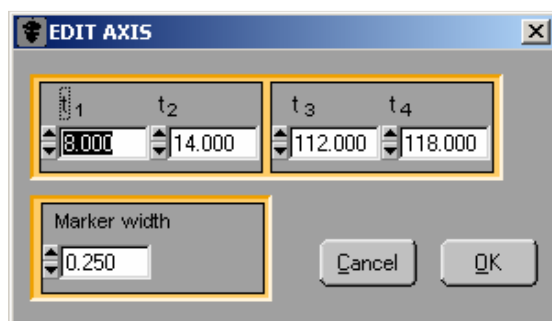
Pav. 32. Vaizdo didinimo/mažinimo režimas.

PĮ matavimo režimo lange (pav. 22), paspaudus „Adjustment“ klavišą, paleidžiamas kalibravimo režimas. Užkraunamas KR langas (pav. 29). Iš elektroninio valdymo bloko gaunamos registruojamų akustinių signalų amplitudžių reikšmės. Grafinėje sąsajoje: „Left extracranial signal“ , „Transintracranial signal“ ir „Right extracranial signal“ dinamiškai indikuojami akustiniai signalai.

Vartotojui užėjus su pele ant bet kurio indikuojamo signalo ir paspaudus kairį pelės klavišą, suformuojama laikinė žymė (2). Suformavus žymę ekrane, į elektroninį valdymo bloką siunčiamos atitinkamos komandos. DSP formuoja laikinį langą amplitudiniam komparatoriui. Pasikeičia akustinio signalo aptikimo režimas.

Vartotojui keičiant šliaužiklio (1) padėtį, siunčiama komanda į elektroninį valdymo bloką. Pakeičiamas stiprintuvo stiprinimo koeficientas, pasikeičia indikuojamo akustinio signalo amplitudė.

Vartotojui užėjus su pele ant bet kurio grafinės sąsajos ir paspaudus dešinį pelės klavišą, atidaromas laiko koordinatės redagavimo langas (pav. 33).



Pav. 33. Laiko koordinatės redagavimo langas.

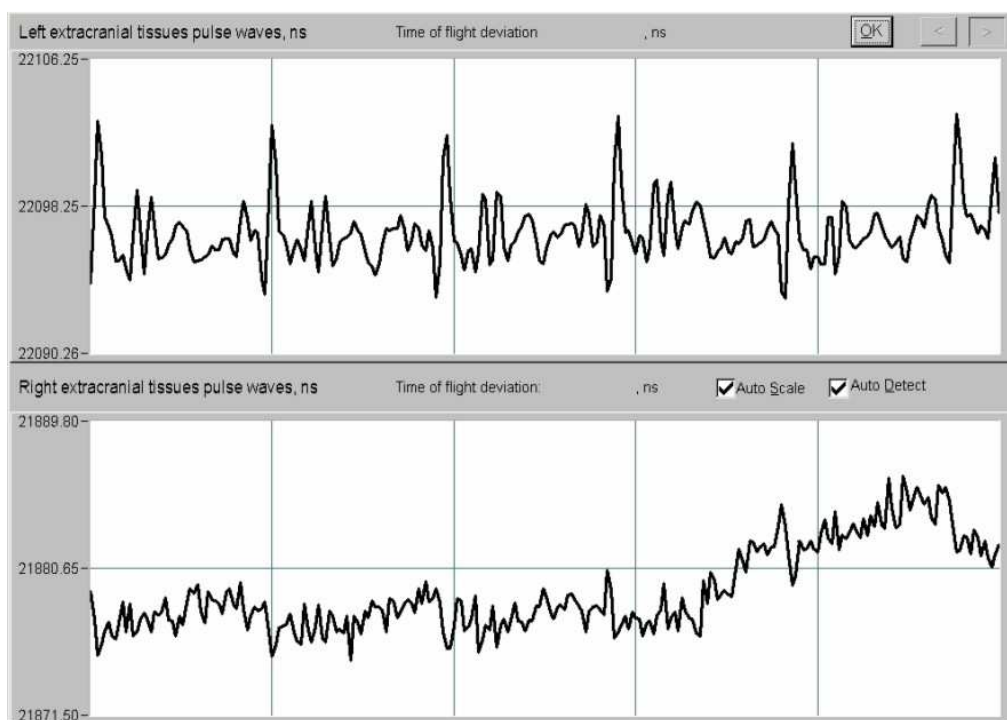
Laiko koordinatės redagavimo lange yra:

- t_1 , t_2 – atspindėto nuo kaukolės, akustinio signalo pradžios ir pabaigos indikavimo laikas, μs .
- t_3 , t_4 – praėjusio pro kaukolę, akustinio signalo pradžios ir pabaigos indikavimo laikas, μs .
- „Marker with“ – laiko žymės plotis, μs .
- „Ok“ – paspaudus klavišą pakeitimai išsaugomi.
- „Cancel“ – paspaudus klavišą pakeitimų atsisakoma.

Kalibravimo režimas baigiamas paspaudus klavišus, KR lange (pav. 29):

- „Ok“ – paspaudus klavišą KR režimo pakeitimai išsaugomi, nauji parametrai nusiunčiami į elektroninį valdymo bloką.
- „Cancel“ – paspaudus klavišą pakeitimų atsisakoma, į elektroninį valdymo bloką nusiunčiami parametrai, nustatyti prieš KR.

Baigus KR, uždaromas langas (pav. 29) ir atidaromas kairiojo ir dešinio ultragarsinio keitiklio akustinių signalų, atspindėtų nuo kaukolės kaulo, uždelsimų laikų kontrolės langas (pav. 34). Lange realiame laike indikuojami uždelsimo laikų kitimas. Langas uždaromas paspaudus klavišą „Ok“.



Pav. 34. Akustinių signalų uždelsimų laikų kontrolės langas.

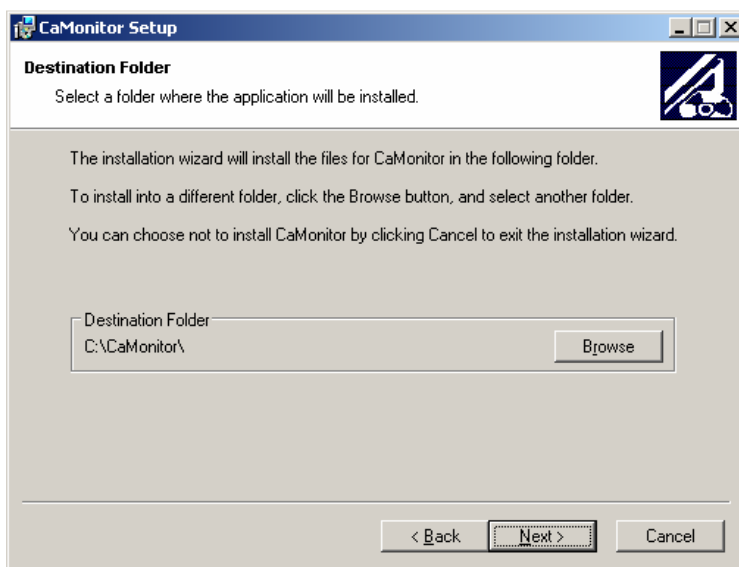
4.3 Programinės įrangos diegimo vadovas

PĮ diegimo įrankis paleidžiamas, aktyvavus *setup.exe* programą laikmenoje. Atidaromas diegimo įrankio langas (pav. 35).



Pav. 35. PĮ diegimo įrankio langas.

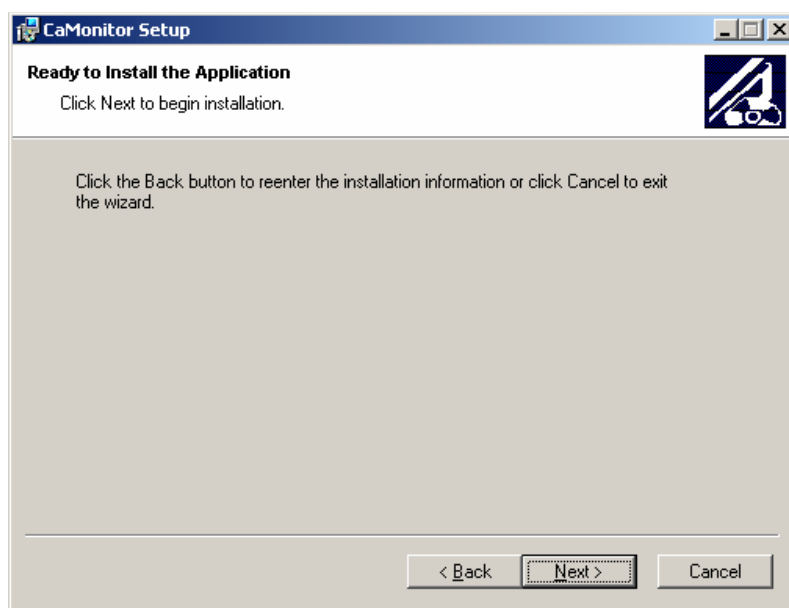
Paspaudus klavišą „Cancel“, diegimo procesas nutraukiamas. Paspaudus klavišą „Next“ atidaromas sekantis diegimo įrankio langas (pav. 36).



Pav. 36. PĮ diegimo įrankio langas.

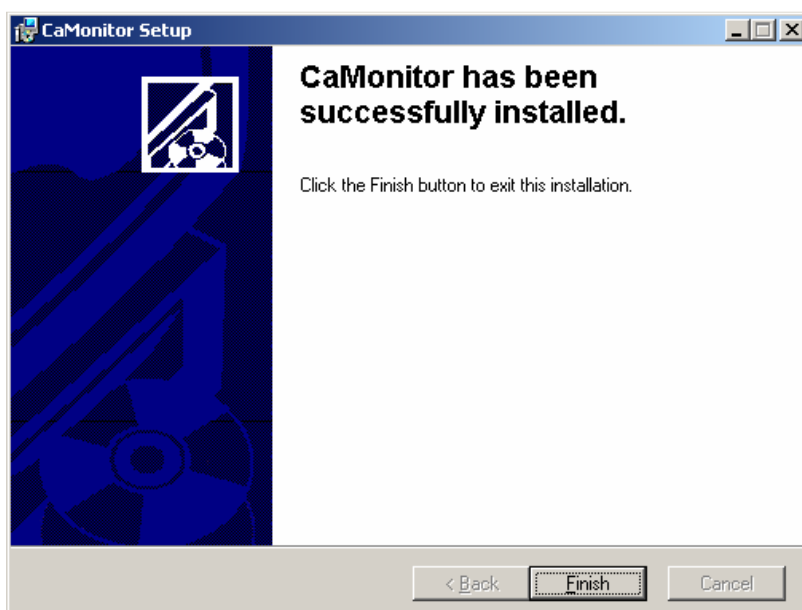
Paspaudus klavišą „Browse“, galima pakeisti PĮ diegimo katalogą. Paspaudus klavišą „Back“, galima grįžti į ankstesnį langą (pav. 36) Paspaudus klavišą „Cancel“, diegimo

procesas nutraukiamas. Paspaudus klavišą „Next“, atidaromas sekantis diegimo įrankio langas (pav. 37).



Pav. 37. PĮ diegimo įrankio langas.

Pasibaigus PĮ diegimo procesui, atidaromas paskutinis langas (pav. 38). Paspaudus klavišą „Finish“, langas uždaromas, kompiuterio darbastalyje matosi PĮ ikona „CaMonitor“ (pav. 21).



Pav. 38. PĮ diegimo įrankio langas.

4.4 Sistemos administratoriaus vadovas

PĮ skirta dirbti IBM tipo personaliniame kompiuteryje. Minimalios PC charakteristikos turi būti neblogesnės negu nurodyta:

- procesorius: Pentium 600 Mhz;
- operacinė sistema: MS Windows 98/ME/2000/XP;
- operatyvinė atmintis: 128 MB;
- laisva vieta PĮ instaliacijai kietajame (HDD) diske: 150 MB;
- vaizduoklio raiška: 1027 x 768 pikselių, 16 bitų spalvos.

Prieš pradėdant darbą su PĮ, reikia prie PC prijungti TĮ:

- įsitikinti, kad elektroninio valdymo bloko maitinimas išjungtas – šviesos diodas priekinėje panelėje „Power“ nedega;
- prijungti ultragarsinius keitiklius prie elektroninio valdymo bloko – galinėje panelėje jungtis „Interface“;
- prijungti elektroninį valdymo bloką prie PC – laidais sujungti prietaiso ir valdymo bloko jungtis „COM1“, „COM2“.
- įjungti elektroninio valdymo bloko maitinimą – galinėje panelėje jungiklis „Power“ – „On“.

5. PRODUKTO KOKYBĖS ĮVERTINIMAS

Sukurta programinė įranga buvo patikrinta keliais etapais. Programa buvo kurta vieno asmens. Pirminis PĮ testavimas atliktas programos kūrėjo. Testavimo metu buvo patikrinti funkcijiniai reikalavimai. Duomenų apdorojimo algoritmo teisingumui patikrinti, buvo naudoti testiniai harmoniniai signalai su žinomu fazės postūmiu.

Antrame etape PĮ buvo testuojama laboratorijos sąlygomis su savanoriais. Buvo tikrinamas PĮ funkcionalumas, patikimumas, panaudojamumas, stabilumas bei laiko parametrai. Testavimas buvo atliekamas sąlygomis artimomis klinikinėms. Testavimą atliko Telematikos mokslo laboratorijos darbuotojai. Testavimo metu patikrinta:

- Funkcionalumas:

Tinkamumas. Sukurta programinė įranga atitinka vartotojų reikalavimų specifikaciją. Programa leidžia registruoti IBV, RW kvėpavimo bangas, IBV pulsines bangas matuoja fazės skirtumą tarp IBV ir RW kvėpavimo bangų.

Tikslumas. Sukurta PĮ atitinka specifikuotus sistemos struktūros modelius.

Sąveika su kitomis sistemomis. Testavimo metu nebuvo pastebėta, kad PĮ trukdytų kitai programinei įrangai.

Saugumas. PĮ atitinka tuos minimalius saugumo reikalavimus, kurie buvo specifikuoti.

- Patikimumas:

Užbaigtumas. PĮ atlieka tuos veiksmus, kurie išskirti funkcijiniuose reikalavimuose tiek kalibravimo tiek matavimo režimuose, registruojant, saugant ir atgaminant užsaugotus duomenis.

Tolerancija klaidoms. PĮ klaidų procedūros veikia ir atitinka specifikuotus reikalavimus.

- Panaudojamumas:

Suprantamumas. PĮ vartotojo sąsaja aiški, intuityviai suprantama ir atitinka specifikuotus reikalavimus. Sukurta vartotojo dokumentacija, kurioje aprašytos programos panaudojimo galimybės bei funkcijos.

Išmokstamumas. Yra sukurta PĮ vartotojo dokumentacija kurioje aprašytos programos panaudojimo galimybės bei funkcijos. Tai padeda vartotojui įsisavinti PĮ.

Vykdymo savybės. PĮ valdymas yra paprastas ir patogus. Valdymo elementai išdėstyti logiškai, yra numatyta duomenų įvedimo kontrolė.

Patrauklumas. PĮ valdymo elementai išdėstyti patogiai, vartotojo sąsaja neperkrauta, spalvos nevargina vartotojo.

- *Efektyvumas:*

Laiko parametrai. Diagnostinės informacijos uždelsimas atitinka specifikuotus reikalavimus.

Resursų naudojimai. Testuojant PĮ nepastebėta ženklaus procesoriaus ar operatyvios atminties naudojimo. Duomenų užimama vieta kietame diske priklauso nuo stebėsenos trukmės ir apytiksliai lygi 10 kB/min.

- *Palaikomumas:*

Analizės savybės. Programos kodas yra prieinamas. PĮ yra dokumentuota, struktūra specifikuota.

Pakeičiamumas. PĮ kodas prieinamas, dokumentuotas todėl funkcionalumo keitimas lengvai įvykdomas.

Stabilumas. Testavimo ir eksploatacijos metu nepastebėta PĮ sutrikimų.

Testuojamumas. PĮ galima testuoti tiek imituojant matavimus tiek realiomis sąlygomis lyginant skirtingais metodais gautus rezultatus.

- *Pernešamumas:*

Pritaikymas kitoje aplinkoje. PĮ skirta funkcionuoti MS Windows 98, ME, 2000, XP operacinėse sistemose.

Įdiegimo savybės. PĮ turi turėti diegimo įrankį. Diegimo eiga yra dokumentuota.

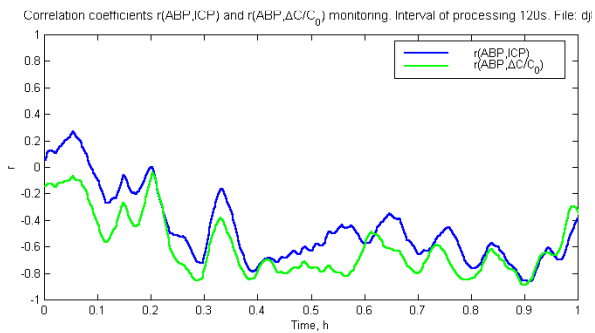
Pakeičiamumas. PĮ yra specializuota skirta veikti su unikalia TĮ, neinvazinis CA stebėsenos metodas naudojantis IBV ir RW kvėpavimo bangas neturi analogų. Nėra žinoma analogo sukurtai PĮ.

Trečiame etape PĮ buvo bandoma klinikinėmis sąlygomis, intensyvios terapijos skyriuose su pacientais patyrusiais įvairaus sunkumo smegenų traumas. Klinikiniai lyginamieji invazinės ir neinvazinės smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos vienalaikiai tyrimai buvo atlikti Vilniaus greitosios pagalbos universitetinėse klinikose, neurochirurgijos skyriaus personalo. Bandymuose vienu metu invaziniu metodu buvo atliekama ICP ir ABP stebėsenos, neinvaziniu metodu registruojama IBV ir RW. Tyrimais siekta statistiškai įvertinti abiem metodais gautų rezultatų koreliaciją. Esminiai bandymų rezultatai pateikti pav. 39 ir lentelėje 16. Duomenys apibendrinti straipsnyje [11], kurio tekstas pridedamas (priedas 9.3).

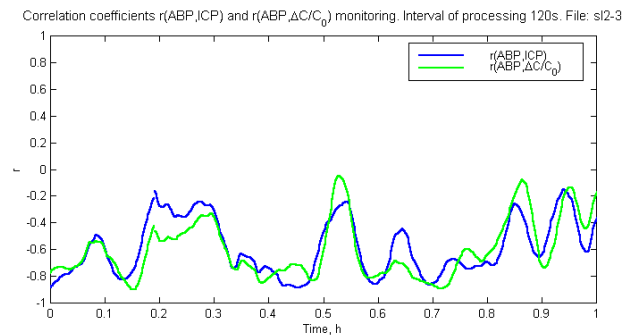
Lentelė 16:

Pacientų grupės apibūdinimas

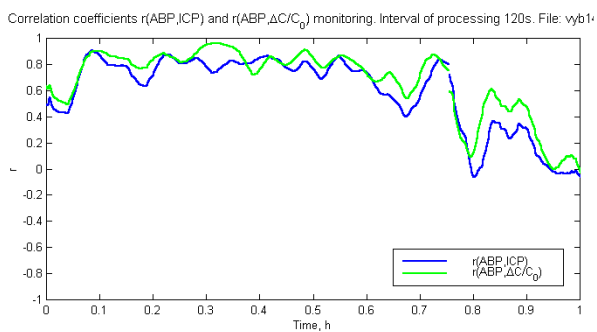
Viso	13
Lytis: vyras/moteris	10 (76.9%) / 3(23.1%)
Amžius: vidurkis / ribos	30.5/(18–64) metai
Patologija: uždara, sunki smegenų trauma	100 %
Traumos sunkumas pagal Glazgovo koma skalę	3 – 7
Vidutinis ABP , mmHg	35 – 140
Vidutinis ICP , mmHg	3 – 80
Vidutinis CPP range, mmHg	54–142
Invazinė ir neinvazinė CA vienalaikė stebėseną	53 vienos valandos trukmės stebėsenos sesija
Lėtų intrakranijinių B bangų, kvėpavimo bangų ir pulsinių bangų invazinė ir neinvazinė CA vienalaikė stebėseną	87 vienos valandos trukmės stebėsenos sesija



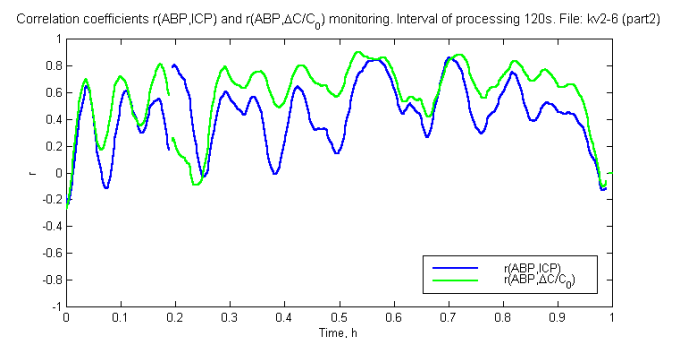
(a)



(b)

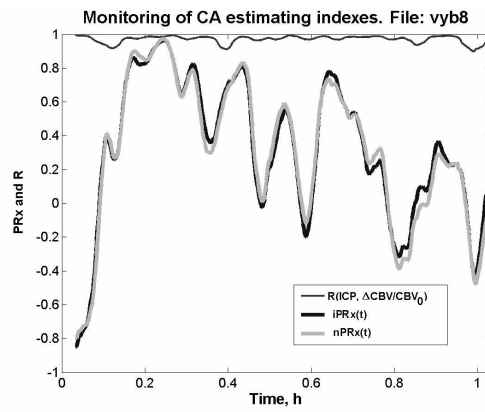


(c)



(d)

Pav. 39. Invazinė ir neinvazinė CA vienalaikė stebėseną: a) ir b) – CA dinamika, esant normaliai autoreguliacijai, c) ir d) – CA dinamika, esant prarastai autoreguliacijai.



(e)

Pav. 39. Invazinė ir neinvazinė CA vienalaikė stebėseną: e) – CA dinamika, esant prarastai ir atsistačiusiai autoreguliacijai.

6. IŠVADOS

1. Projekto įgyvendinimo metu buvo nustatyti, analizuoti ir specifikuoti reikalavimai pirmą kartą kurtai programinei įrangai, skirtai cerebralinės kraujotakos autoreguliacijos neinvazinės stebėsenos signalų analizei. Pagal specifikuotus reikalavimus, buvo sukurta naujos PĮ architektūra. PĮ architektūra buvo detalizuota. Pagal detalizuota architektūrą, buvo atliekami PĮ kodavimo darbai. Atlikus testavimo darbus, nustatyta kad PĮ pilnai atitinka iškeltus jai reikalavimus.

2. Naudojant neinvazinį smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos įrenginį, kuriam projekto metu buvo sukurta programinė įranga, buvo atlikta eilę mokslinių tiriamųjų darbų [11,12]. Jų metu gauti rezultatai, leido nustatyti būtinus technologinei plėtrai metrologinius - techninius parametrus inovacinio žmogaus smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenos stebėsenos neinvazinio medicininio prietaiso sukūrimui. Šis inovacinis prietaisas kuriamas pagal 6,015 mln. Lt vertės projektą “Žmogaus smegenų fiziologinės stebėsenos inovacinių neinvazinių metodų ir kompleksinės įrangos taikomieji moksliniai tyrimai ir technologinė plėtra” (BPD04-ERPF-3.1.7-03-05/0020).

3. Neinvazinio smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos įrenginio, kurio sudėtinė dalis yra projekte aprašyta PĮ, pagalba atlikti klinikiniai tyrimai. Šių tyrimu metu sukaupti duomenys leido iširti smegenų kraujotakos autoreguliacijos ypatybes lėtųjų, kvėpavimo ir pulsinių bangų analizės atvejais, nustatyti priklausomybes tarp kvėpavimo bangų parametrų kraniospinalinės sistemos įėjime, smegenų kraujotakos autoreguliacijos būsenos ir intrakranijinių tūrinių bangų parametrų. Gauti rezultatai pirmą kartą statistiškai patikimai patvirtino, kad neinvazinis smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos metodas teikia tokią pačią diagnostinę informaciją, kaip ir invazinis metodas. Tyrimų rezultatai apibendrinti pridedame straipsnyje (priedas 9.3).

4. Sukurta programinė įranga įdiegta Kauno technologijos universiteto Telematikos mokslo laboratorijoje sukurta pilnai neinvaziniame inovaciniame smegenų kraujotakos autoreguliacijos stebėsenos prietaise. Pateikta paraiška JAV patentui gauti [8]. Apie sėkmingą PĮ panaudojimą liudija pridedama diegimo pažyma (priedas 9.4).

7. SUTRUMPINIMŲ IR TERMINŲ ŽODYNAS

ABP	– arterinis kraujospūdis (arterial blood pressure)
ADC	– keitiklis “įtampa – skaičius” (analog-to-digit converter)
CA	– smegenų kraujotakos autoreguliacija (cerebral autoregulation)
CBF	– smegenų kraujo srautas (cerebral blood flow)
CBFV	– smegenų kraujo srauto greitis (cerebral blood flow velocity)
CPP	– smegenų perfuzijos slėgis (cerebral perfusion pressure)
CSF	– cerebrospinalinis skystis (likvoras)
DSP	– skaitmeninis signalų procesorius (digital signal processor)
IBV	– intrakranijinės tūrinės bangos (intracranial blood volume waves)
ICP	– intrakranijinis slėgis (intracranial pressure)
NCHS	– Nacionalinis Sveikatos Statistikos Centras (National Center for Health Statistics)
PĮ	– programinė įranga
RW	– kvėpavimo bangos (respiratory waves)
TBI	– galvos smegenų trauma (traumatic brain injury)
TCD	– transkranijinis Dopleris (transcranial Doppler)
TDC	– keitiklis “laiko intervalas – skaičius” (time-to-digit converter)
TDUS	– akustinių signalų uždelimo laikas (time delay of ultrasonic signal)
TĮ	– techninė įranga

8. LITERATŪRA

1. Žmogaus smegenų fiziologinės stebėsenos inovacinių neinvazinių metodų ir įrangos komplekso taikomieji moksliniai tyrimai ir technologinė plėtra. Iš BPD04-ERPF-3.1.7-03-05/0020, Galimybių studija, 2006 –[žiūrėta 2006 09 11]. Prieiga per internetą: <http://www.vittamedtechnologijos.lt>.
2. Chambers I R, Daubaris G, Jarzemas E, Fountas K, Kvascevicus R, Ragauskas A, Rocka A, Robinson JS, Sitkauskas A. The clinical application of non-invasive intracranial blood volume pulse wave monitoring. *Physiol. Meas.* 2005;26:1019–1032.
3. Aaslid R, Lindegaard KF, Sorteberg W, Normes H (1989) Cerebral autoregulation dynamics in humans. *Stroke* 20:45-52.
4. Birch AA, Dirnhuber MJ, et al (1995) Assessment of autoregulation by means of periodic changes in blood pressure. *Stroke* 26:834-837.
5. Czosnyka M, Smielewski P, Piechnik S, Pickard JD (2002) Clinical significance of cerebral autoregulation. *Acta Neurochirur Suppl* 81:117-9.
6. Ragauskas A, Daubaris G, Petkus V, Ragaisis V, Ursino M. Clinical Study of Continuous Non-Invasive Cerebrovascular Autoregulation Monitoring in Neurosurgical ICU. Straipsnis recenzuotas ir priimtas spaudai žurnale *Acta Neurochirurgica Suppl.* 2005 m.
7. Tiecks FP, Lam AM, Asslid R, Newel DW (1995) Comparison of static and dynamic cerebral autoregulation measurements. *Stroke* 26:1014-9.
8. Ragauskas A, Daubaris G. Method and apparatus for non-invasive continuous monitoring of cerebrovascular autoregulation state. JAV patentinė paraiška No. 40,501 / 0,116-P0003A, užregistruota JAV patentų ir prekių ženklų tarnyboje 2004 10 28.
9. Ragauskas A, Daubaris G. US Patents 5,388,583, 1995, 6,387,051, 2002.
10. Robertson J., Robertson S. Volere requirements specification template. Iš *The Atlantic system Guild Inc.*, 2006 –[žiūrėta 2006 01 10]. Prieiga per internetą: <http://systemsguild.com/GuildSite/Robts/Template.html#anchor692519> .
11. Ragauskas A, Chomskis R, Daubaris G, Jarzemas E, Piper I, Rocka S Non-invasive assessment of intracranial biomechanics of the human brain. Straipsnis recenzuotas ir priimtas spaudai žurnale *NeuroImage* 2007 m.

12. Non-invasive ultrasonic diagnosing and monitoring of intracranial pressure. Award Number: DAMD 17-00-2-0065, Final report prepared for: U.S. Army Medical Research and Materiel Command Fort Detrick, Maryland 21702-5012, 2002 m.

9. PRIEDAI

9.1 Elektroninio valdymo bloko komandų sąrašas

Techninio įrenginio valdymo komandos kalibravimo režime.

Komanda	Pavadinimas
AAH	Pradinis pasisveikinimo kodas, ar yra ryšis su DSP . Jeigu yra ryšys, DSP atsako tuo pačiu kodu AAH atgal PC.
B0H	Gauti zondavimo kryptimi “+” siųstuvo suvidurkinto signalą, s1
B1H	Gauti zondavimo kryptimi “+” atspindėtą nuo kaulo vidinio paviršiaus suvidurkintą signalą, s2
B2H	Gauti zondavimo kryptimi “+” praėjusį suvidurkintą signalą, s3
B3H	Gauti zondavimo kryptimi “-” siųstuvo suvidurkinto signalą, s4
B4H	Gauti zondavimo kryptimi “-” atspindėtą nuo kaulo vidinio paviršiaus suvidurkintą signalą, s5
B5H	Gauti zondavimo kryptimi “-” praėjusį suvidurkintą signalą, s6
B6H	Nustatyti imtuvo triukšmų lygį signalui s1
B7H	Nustatyti imtuvo triukšmų lygį signalui s2
B8H	Nustatyti imtuvo triukšmų lygį signalui s3
B9H	Nustatyti imtuvo triukšmų lygį signalui s4
BAH	Nustatyti imtuvo triukšmų lygį signalui s5
BBH	Nustatyti imtuvo triukšmų lygį signalui s6
C0H	Nusiųsti signalų s1 - s6 parametrus, imtuvo stiprinimo dydį ir laikinius langus, kurių metu dirba matavimo blokas
C1H	Nusiųsti markerių parametrus signalams s1 - s6. Markeriai formuoja laiko intervalus “ECL LATCH ENABLE”, kuriuose dirba “0” – lygio komparatorius
C2H	Nusiųsti į DSP atmintį laiko lango Nr2 skaičių masyvą, zondojuojant kryptimi “+”. Formuojami laikiniai langai “OUTPUT + ENABLE” “0” –lygio komparatorius

Komanda	Pavadinimas
C3H	Nusiųsti į DSP atmintį laiko lango Nr3 skaičių masyvą, zondojuant kryptimi “+” . Formuojami laikiniai langai “OUTPUT - ENABLE” “0”-lygio komparatoriui
C4H	Nusiųsti į DSP atmintį laiko lango Nr2 skaičių masyvą, zondojuant kryptimi “-” .Formuojami laikiniai langai “OUTPUT + ENABLE” “0”-lygio komparatoriui
C5H	Nusiųsti į DSP atmintį laiko lango Nr3 skaičių masyvą, zondojuant kryptimi “-” .Formuojami laikiniai langai “OUTPUT - ENABLE” “0” -lygio komparatoriui

Techninio įrenginio valdymo komandos matavimo režime

Komanda	Pavadinimas	Pavyzdys
E0h	EB matavimo režimo nustatymo komanda	E0h
SET1	Akustinio signalo zondavimo periodas 1-20 ms (hex)	01H
SET2	Starto poliarumas 00h – neigiamas, 01h - teigiamas	00H
SET3	Stop poliarumas 00h – neigiamas , 01h - teigiamas	00H
SET4	Stop skaičius 01h – vienas stop, 02h – du stop, 03h- trys stop impulsai	03H
SET5	Pirmo stop signalo vidurkinimo koeficientas nuo 1 iki 64 (hex)	0AH
SET6	Antro stop signalo vidurkinimo koeficientas nuo 1 iki 64 (hex)	0AH
SET7	Trečio stop signalo vidurkinimo koeficientas nuo 1 iki 64 (hex)	0AH
SET8	DAC (Digital analog converter) išvedamas parametras 00h-off, 01h- trendai, 02h – pulsinės bangos, 03h dif. Kanalas, 04h-ADC pirmas kanalas, 05h-ADC antras kanalas, 06h-ADC trečias kanalas,	00H
SET9-1	DAC kanalo proporcingumo koeficientas du baitai	00H
SET9-2		00H
SET10	DAC diskretizacijos periodas 1-100ms (hex)	00H
SET11	DAC aproksimacijos algoritmas 01h,02h,03h.....	00H
SET12	ADC aktyvūs kanalai: 00h-off. 01h-pirmas kanalas, 02h-antras kanalas, 04h-trečias kanalas.	00H
SET13	ADC pirmo kanalo diskretizacijos periodas 1-100ms	00H
SET14	ADC antro kanalo diskretizacijos periodas 1-100ms	00H
SET15	ADC trečio kanalo diskretizacijos periodas 1-100ms	00H

XXh	Kontrolinė suma	02H

Techninio įrenginio išduodami duomenų formatai.

Duomenys	Pavadinimas
D3h,D4h, D5h,D6h, D7h,D8h	Išmatuotų Stop signalų duomenų masyvo pradžia: D3h – pirmas stopas (+) kryptimi, D4h- pirmas stopas(-) kryptimi, D5h- antras stopas(+) kryptimi,.D6h – antras stopas (-) kryptimi, D7h- trečias stopas (+) kryptimi, D8h- trečias stopas (-) kryptimi.
M0,M1, M2,M3	Išmatuoto laiko intervalo rezultatas keturi hex. baitai $T(n) (ns) = (M0,M1,M2,M3)*k$
M4,M5, M6,M7	Išmatuoto laiko intervalo rezultatas keturi hex. baitai $T(n+1) (ns) = (M4,M5,M6,M7)*k$
M8,M9, M10,M11	Išmatuoto laiko intervalo rezultatas keturi hex. baitai $T(n+2) (ns) = (M8,M9,M10,M11)*k$ (k reikšmė bus pateikta vėliau)
M12,M13, M14,M15	Išmatuoto laiko intervalo rezultatas keturi hex. baitai $T(n+3) (ns) = (M12,M13,M14,M15)*k$
.....
M28,M29, M30,M31	Išmatuoto laiko intervalo rezultatas keturi hex. baitai $T(n+7) (ns) = (M28,M29,M30,M31)*k$
XXh	Kontrolinė suma
D9h,DAh, DBh,	Išmatuotų ADC signalų duomenų masyvo pradžia: D9h – pirmas ADC kanalas, DAh- antras kanalas, DBh- trečias kanalas.
T0,T1,	Pirmas ADC (1,2,3) kanalo masyvo elementas T0,T1 T0-high, T1-low
.....
T14,T15	Paskutinis ADC (1,2,3) kanalo masyvo elementas T14,T15
XXh	Kontrolinė suma
Deh	Matavimo rezultatų kiekio masyvo pradžia
K0,K1,K2,	Išsiųstų signalo 1 kryptis + matavimo duomenų skaičius (trys baitai)
K3,K4,K5,	Išsiųstų signalo 1 kryptis - matavimo duomenų skaičius (trys baitai)
K6,K7,K8,	Išsiųstų signalo 2 kryptis + matavimo duomenų skaičius (trys baitai)

Duomenys	Pavadinimas
K9,K10,K11,	Išsiųstų signalo 2 kryptis - matavimo duomenų skaičius (trys baitai)
K12,K13,K14,	Išsiųstų signalo 3 kryptis + matavimo duomenų skaičius (trys baitai)
K15,K16,K17,	Išsiųstų signalo 3 kryptis - matavimo duomenų skaičius (trys baitai)
K18,K19,K20,	Išsiųstų ADC pirmo kanalo matavimo duomenų skaičius (trys baitai)
K21,K22,K23,	Išsiųstų ADC antro kanalo matavimo duomenų skaičius (trys baitai)
K24,K25,K27,	Išsiųstų ADC trečio kanalo matavimo duomenų skaičius (trys baitai)
XXh	Kontrolinė suma

9.2 Detali PĮ architektūra

ValdymoPaneleKal

Klasifikacija

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti PĮ kalibravimo režimo (KR) metu. Jos pagalba apjungiamos kitos klasės, naudojamos KR metu. Klasė įgalina inicijuoti ir valdyti KR metu naudojamus objektus.

Atsakomybės

KR metu naudojamų objektų ir kintamųjų inicializavimas. Objektų: grafinė sąsaja, stiprintuvas, komparatorius, laikinis langas, ryšio sąsaja, laikmatis ir duomenų failas valdymas.

Apribojimai

Klasė naudojama tik aktyvavus KR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje

Sąveikavimas

Klasė naudoja PranesimoLangas, KalibrGrafInterfeisas, Laikmatis, RysioInterfeisas, DuomenųFailas klasės. Klasės KalibrTiValdymas, AtspindžioSignalas ir ValdymoPaneleMatav naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš ryšio sąsajos ir duomenų failo.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose.

StKalibravRezim()

Atsakomybės

Skirtas KR metu naudojamų objektų ir kintamųjų inicializavimui.

Skaičiavimai

KR metu naudojamų objektų sukūrimas ir parametrų nustatymas į pradines reikšmes.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

StopKalibrRezim()

Atsakomybės

Skirtas stabdyti KR.

Skaičiavimai

Stabdo KR. Inicijuoja stabdymo komandos siuntimą techninei įrangai (TI), nutraukia akustinių signalų indikavimą.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

IniGrKalLangas()

Atsakomybės

Skirtas sukurti grafinę sąsają.

Skaičiavimai

Sukuria grafinę sąsają, skirtą akustinių signalų indikavimui.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė – grafinės sąsajos ID.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*KeiskGrafLangParam(int h, int w, int t, int l, char *p)*

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos parametrus keisti.

Skaičiavimai

Keičia grafinės sąsajos parametrus

Sąsaja/eksportas

Perduodami int tipo kintamieji: aukštis, plotis, vertikali koordinatė, horizontali koordinatė. Pavadinimas – char tipo kintamasis. Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*IndikKlaida(char * pr)*

Atsakomybės

Skirtas pranešimui indikuoti.

Skaičiavimai

Indikuoti pranešimui vartotojui skirtus pranešimus.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas char tipo kintamasis – pranešimo tekstas. Grąžinama Int tipo rekšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

NeraSignal()

Atsakomybės

Skirtas apdoroti situacijai, kai iš TĮ negaunami duomenys.

Skaičiavimai

Apdoroja situacijai, kai iš TĮ laukiama duomenų, tačiau jie negaunami.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas int tipo kintamasis – situacijos ID.

KlaidingiDuomenys()

Atsakomybės

Skirtas apdoroti situacijai, kai iš TĮ gaunami klaidingi duomenys.

Skaičiavimai

Apdoroja situacijai, kai iš TĮ laukiama duomenų, tačiau jie negaunami.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas int tipo kintamasis – situacijos ID.

KeiskLaikIntParam(int id, double t1, double t2)

Atsakomybės

Skirtas signalo stebėsenos laikinio lango parametrus nustatyti.

Skaičiavimai

Nustato laikinio lango pradinę ir galines reikšmes.

Sąsaja/eksportas

Perduodami du double tipo kintamieji ir laikinio lango id.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

KeiskKomparParam(int id, double y)

Atsakomybės

Skirtas komporatoriaus parametrąms nustatyti.

Skaičiavimai

Nustato amplitudinio komporatoriaus suveikimo ribinę reikšmę.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis ir komporatoriaus id.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

KeiskStiprParam(int id, double s)

Atsakomybės

Skirtas stiprintuvo parametrąms nustatyti.

Skaičiavimai

Nustato stiprintuvo stiprinimo reikšmę.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis ir stiprintuvo id.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

LaikmatisOn(double t)

Atsakomybės

Skirtas laikmačiui inicijuoti.

Skaičiavimai

Sukuria laikmačio objektą ir perduoda laikinį suveikimo žingsnį.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis. Grąžinama Int tipo reikšmė – laikmačio ID.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

LaikmatisOff(int id)

Atsakomybės

Skirtas laikmačiui stabdyti.

Skaičiavimai

Stabdo prieš tai inicijuotą laikmatį.

Sąsaja/eksportas

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*SukurkDuomFail(char *p)*

Atsakomybės

Skirtas duomenų failui sukurti.

Skaičiavimai

Atidaro duomenų failą.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas char tipo kintamasis – failo vardas. Grąžinama Int tipo reikšmė – failo deskriptorius.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

UzdarykDuomFail(int fd)

Atsakomybės

Skirtas duomenų failui uždaryti.

Skaičiavimai

Uždaro prieš tai atidarytą duomenų failą.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas int tipo reikšmė – failo deskriptorius.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

SaugokLaikIntLang(int id, duoble t1, duoble t2, int fd)

Atsakomybės

Skirtas signalo stebėsenos laikinio lango parametrų apsaugoti.

Skaičiavimai

Apsaugo laikinio lango pradinę ir galines reikšmes.

Sąsaja/eksportas

Perduodami du duoble tipo kintamieji; int: failo deskriptorius, laikinio lango id.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

SaugokKomparParam(int id, double y, int fd)

Atsakomybės

Skirtas komporatoriaus parametrą saugoti.

Skaičiavimai

Apsaugo amplitudinio komporatoriaus suveikimo ribinę reikšmę.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis; int: failo deskriptorius, komporatoriaus id.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

SaugokStiprParam(int id, double s, int fd)

Atsakomybės

Skirtas stiprintuvo parametrą saugoti.

Skaičiavimai

Apsaugo stiprintuvo stiprinimo reikšmę.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis; int: failo deskriptorius, stiprintuvo id.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*SaugoSxAkustSignal(int s, char *Sx, int fd)*

Atsakomybės

Skirtas akustinio signalo duomenims saugoti.

Skaičiavimai

Apsaugo akustinio signalo duomenis.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas char tipo masyvas; int: failo deskriptorius, akustinio signalo numeris
(1..6).

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*AtkurkLaikIntLang(int id, double *t1, double *t2, int fd)*

Atsakomybės

Skirtas signalo stebėsenos laikinio lango parametrams atkurti.

Skaičiavimai

Atkuria laikinio lango pradinę ir galines reikšmes.

Sąsaja/eksportas

Perduodami du duoble tipo kintamieji; int: failo deskriptorius, laikinio lango id.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*AtkurkKomparParam(int id, duoble *y, int fd)*

Atsakomybės

Skirtas komporatoriaus parametrums atkurti.

Skaičiavimai

Atkuria amplitudinio komporatoriaus suveikimo ribinę reikšmę.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas duoble tipo kintamasis; int: failo deskriptorius, komporatoriaus id.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*AtkurkStiprParam(int id, duoble *s, int fd)*

Atsakomybės

Skirtas stiprintuvo parametrums atkurti.

Skaičiavimai

Atkuria stiprintuvo stiprinimo reikšmę.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas duoble tipo kintamasis; int: failo deskriptorius, stiprintuvo id.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

AtkurkSxAkustSignal()

Atsakomybės

Skirtas akustinio signalo duomenims atkurti.

Skaičiavimai

Atkuria akustinio signalo duomenis.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas char tipo masyvas; int: failo deskriptorius, akustinio signalo numeris
(1..6).

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

ClosePanel()

Atsakomybės

Skirtas KR panelės uždarymui, KR metu naudojamų objektų sunaikinimui.

Skaičiavimai

Uždaro KR panelę, panaikina KR metu naudojamų objektus.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

ValdymoPaneleMatav

Klasifikacija

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti PĮ matavimo režimo (MR) metu. Jos pagalba apjungiamos kitos klasės, naudojamos MR metu. Klasė įgalina inicijuoti ir valdyti MR metu naudojamus objektus.

Atsakomybės

MR metu naudojamų objektų ir kintamųjų inicializavimas. Objektų: grafinė sąsaja, ryšio sąsaja, laikmatis ir duomenų failas valdymas.

Apribojimai

Klasė naudojama tik aktyvavus MR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje.

Sąveikavimas

Klasė naudoja PranesimoLangas, MatavGrafInterfeisas, Laikmatis, RysioInterfeisas, DuomenuFailas, FailuPasirinkimoLang klasės. Klasės MatavTiValdymas, RezultatoSignalas naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš ryšio sąsajos ir duomenų failo.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose.

StMatavRezim()

Atsakomybės

Skirtas MR metu naudojamų objektų ir kintamųjų inicializavimui.

Skaičiavimai

MR metu naudojamų objektų sukūrimas ir parametrų nustatymas į pradines reikšmes.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

StopMatavRezim()

Atsakomybės

Skirtas stabdyti MR.

Skaičiavimai

Stabdo MR. Inicijuoja stabdymo komandos siuntimą techninei įrangai (TI), nutraukia akustinių signalų indikavimą.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

IniGrMatLangas()

Atsakomybės

Skirtas sukurti grafinę sąsają.

Skaičiavimai

Sukuria grafinę sąsają, skirtą akustinių signalų indikavimui.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė – grafinės sąsajos ID.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

KeiskGrafLangParam(int tip, void param)

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos parametrui keisti.

Skaičiavimai

Keičia grafinės sąsajos parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodami int tipo kintamasis – parametro tipas. Antras kintamasis parametras, kurio tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*IndikKlaida(char * pr)*

Atsakomybės

Skirtas pranešimui indikuoti.

Skaičiavimai

Indikuoja vartotojui skirtus pranešimus.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas char tipo kintamasis – pranešimo tekstas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

NeraSignal()

Atsakomybės

Skirtas apdoroti situacijai, kai iš TĮ negaunami duomenys.

Skaičiavimai

Apdoroja situacijai, kai iš TĮ laukiama duomenų, tačiau jie negaunami.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas int tipo kintamasis – situacijos ID.

KlaidingiDuomenys()

Atsakomybės

Skirtas apdoroti situacijai, kai iš TĮ gaunami klaidingi duomenys.

Skaičiavimai

Apdoroja situacijai, kai iš TĮ laukiama duomenų, tačiau jie negaunami.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas int tipo kintamasis – situacijos ID.

LaikmatisOn(duoble t)

Atsakomybės

Skirtas laikmačiui inicijuoti.

Skaičiavimai

Sukuria laikmačio objektą ir perduoda laikinį suveikimo žingsnį.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas duoble tipo kintamasis. Gražinama Int tipo reikšmė – laikmačio ID.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

LaikmatisOff(int id)

Atsakomybės

Skirtas laikmačiui stabdyti.

Skaičiavimai

Stabdo prieš tai inicijuotą laikmatį.

Sąsaja/eksportas

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

SukurkDuomFail()

Atsakomybės

Skirtas duomenų failui sukurti.

Skaičiavimai

Atidaro duomenų failą.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas char tipo kintamasis – failo vardas. Gražinama Int tipo reikšmė – failo deskriptorius.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

UzdarykDuomFail(int fd)

Atsakomybės

Skirtas duomenų failui uždaryti.

Skaičiavimai

Uždaro prieš tai atidarytą duomenų failą.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas int tipo reikšmė – failo deskriptorius.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*SaugokRezSignal(int s, char *Sx, int fd)*

Atsakomybės

Skirtas akustinio signalo duomenims saugoti.

Skaičiavimai

Apsaugo akustinio signalo duomenis.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas char tipo masyvas; int: failo deskriptorius, akustinio signalo numeris (1..6).

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*AtkurkRezSignal(int id, double *t1, double *t2, int fd)*

Atsakomybės

Skirtas signalo stebėsenos laikinio lango parametrų atkurti.

Skaičiavimai

Atkuria laikinio lango pradinę ir galines reikšmes.

Sąsaja/eksportas

Perduodami du double tipo kintamieji; int: failo deskriptorius, laikinio lango id.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*OpenFailLang(char *p)*

Atsakomybės

Skirtas duomenų failo vardui ir keliui iki failo pasirinkti.

Skaičiavimai

Pasirenka kelią („path“) iki duomenų failo ir duomenų failo vardą.

Sąsaja/eksportas

Grąžinamas char tipo kintamasis – kelias + failo vardas. Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

ClosePanel()

Atsakomybės

Skirtas MR paneles uždarymui, MR metu naudojamų objektų sunaikinimui.

Skaičiavimai

Uždaro MR panelę, panaikina MR metu naudojamų objektus.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

KalibrGrafInterfeisas

Klasifikacija

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti grafinę sąsają KR.

Atsakomybės

Valdo grafinę sąsają KR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje.

Sąveikavimas

Klasės ValdymoPaneleKal, LaikoIntervLang, AmplitudKomparat, AtspindzioSignalas naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš ryšio sąsajos ir duomenų failo.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose.

SetGrafLangParam(int tip, void param)

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos parametrui keisti.

Skaičiavimai

Keičia grafinės sąsajos parametrus .

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamasis – parametro tipas; antrasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

SetGrafAsiuParam(int tip, void param)

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos ašių parametrui keisti.

Skaičiavimai

Keičia grafinės sąsajos ašių parametrus .

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamasis – parametro tipas; antrasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida

SetGrafKreivParam(int tip, void param)

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos kreivės parametrui keisti.

Skaičiavimai

Keičia grafinės sąsajos kreivės parametrus .

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamasis – parametro tipas; antrasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida

*GetGrafLangParam(int tip, void *param)*

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos parametrams nuskaityti.

Skaičiavimai

Nuskaito grafinės sąsajos parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamaseji –parametro tipas; antrasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*GetGrafAsiuParam(int tip, void *param)*

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos ašių parametrams nuskaityti.

Skaičiavimai

Nuskaito grafinės sąsajos ašių parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamasis – parametro tipas; antrasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida

*GetGrafKreivParam(int tip, void *param)*

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos kreivės parametrams nuskaityti.

Skaičiavimai

Nuskaito grafinės sąsajos kreivės parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamasis – parametro tipas; antrasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*IndikuokSignal(double *Sx)*

Atsakomybės

Skirtas akustinio signalo duomenims indikuoti.

Skaičiavimai

Indikuoja akustinio signalo duomenis.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo masyvas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

SetKompMarkerParam(int nr, int tip, int param)

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos markerio parametrui keisti.

Skaičiavimai

Keičia grafinės sąsajos markerio parametrus .

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamasis: markerio numeris, parametro tipas; trečiasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

CloseGrafInterf()

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos uždarymui.

Skaičiavimai

Uždaro grafinę sąsają.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

MatavGrafInterfeisas

Klasifikacija

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti grafinę sąsają MR.

Atsakomybės

Valdo grafinės sąsajos objektus MR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje.

Sąveikavimas

Klasės ValdymoPaneleKal, LaikoIntervLang, AmplitudKomparat, AtspindzioSignalas naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš grafinės sąsajos ir duomenų failo.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose.

SetGrafLangParam(int tip, void param)

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos parametrui keisti.

Skaičiavimai

Keičia grafinės sąsajos parametrus .

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamasis – parametro tipas; antrasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

SetGrafAsiuParam(int tip, void param)

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos ašių parametrui keisti.

Skaičiavimai

Keičia grafinės sąsajos ašių parametrus .

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamasis – parametro tipas; antrasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (–1), jei klaida

SetGrafKreivParam(int tip, void param)

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos kreivės parametrams keisti.

Skaičiavimai

Keičia grafinės sąsajos kreivės parametrus

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamasis – parametro tipas; antrasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (–1), jei klaida

*GetGrafLangParam(int tip, void *param)*

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos parametrams nuskaityti.

Skaičiavimai

Nuskaito grafinės sąsajos parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamasis – parametro tipas; antrasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (–1), jei klaida.

*GetGrafAsiuParam(int tip, void *param)*

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos ašių parametrams nuskaityti.

Skaičiavimai

Nuskaito grafinės sąsajos ašių parametrus

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamasis – parametro tipas; antrasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida

*GetGrafKreivParam(int tip, void *param)*

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos kreivės parametrą keisti.

Skaičiavimai

Keičia grafinės sąsajos kreivės parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodami: int tipo kintamasis – parametro tipas; antrasis kintamasis – parametro reikšmė, kintamojo tipas priklauso nuo pirmojo kintamojo reikšmės. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*IndikuokSignalą(double *Sx)*

Atsakomybės

Skirtas akustinio signalo duomenims indikuoti.

Skaičiavimai

Indikuoja akustinio signalo duomenis.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo masyvas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

CloseGrafInterf()

Atsakomybės

Skirtas grafinės sąsajos uždarymui.

Skaičiavimai

Uždaro grafinę sąsają.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

PranesimoLangas

Klasifikacija

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti pranešimo langą.

Atsakomybės

Valdo pranešimo langą.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje.

Sąveikavimas

Klasės ValdymoPaneleKal, ValdymoPaneleMatav naudoja šią klasę.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose

*SetPranLangParam(int h, int w, int t, int l, char *p)*

Atsakomybės

Skirtas pranešimo lango parametrus keisti.

Skaičiavimai

Keičia pranešimo lango parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodami int tipo kintamieji: aukštis, plotis, vertikali koordinatė, horizontali koordinatė. Pavadinimas – char tipo kintamasis. Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*GetPranLangParam(int *h, int *w, int *t, int *l, char *p)*

Atsakomybės

Skirtas pranešimo lango parametrus nuskaityti.

Skaičiavimai

Nuskaito pranešimo lango parametrus .

Sąsaja/eksportas

Perduodami int tipo kintamieji: aukštis, plotis, vertikali koordinatė, horizontali koordinatė. Pavadinimas – char tipo kintamasis. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*KlaidosPran(char * pr)*

Atsakomybės

Skirtas pranešimui indikuoti.

Skaičiavimai

Indikuoja vartotojui skirtus pranešimus. .

Sąsaja/eksportas

Perduodamas char tipo kintamasis – pranešimo tekstas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

UzdarykPranLang()

Atsakomybės

Skirtas pranešimo lango uždarymui.

Skaičiavimai

Uždaro pranešimo langą.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

Laikmatis

Klasifikacija

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti laikmačio objektą.

Atsakomybės

Valdo laikmačio objektą.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje.

Sąveikavimas

Klasė naudoja *AtspindžioSignalas*, *RezultatoSignalas* klases. Klasės *ValdymoPaneleKal*, *ValdymoPaneleMatav* naudoja šią klasę.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose

SetLaikmParam(duoble t)

Atsakomybės

Skirtas laikmačio parametrui nustatyti.

Skaičiavimai

Nustato laikmačio parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas *duoble* tipo kintamasis. Gražinama *Int* tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*GetLaikmParam(duoble *t)*

Atsakomybės

Skirtas laikmačio parametrui nuskaityti.

Skaičiavimai

Nuskaito laikmačio parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas *duoble* tipo kintamasis. Gražinama *Int* tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

LaikmatisStart()

Atsakomybės

Skirtas laikmačio paleidimui.

Skaičiavimai

Paleidžia laikmatį .

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

LaikmatisStop()

Atsakomybės

Skirtas laikmačio stabdymui.

Skaičiavimai

Stabdo laikmatį .

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

LaikoZyme()

Atsakomybės

Skirtas akustinio signalo duomenų išvedimui.

Skaičiavimai

Tikrina akustinių signalų duomenų buvimą, inicijuoja signalų indikavimą.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida

CloseLaikmat()

Atsakomybės

Skirtas laikmačio uždarymui.

Skaičiavimai

Uždaro laikmatį.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

RysioInterfeisas

Klasifikacija

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti ryšio sąsajos objektą.

Atsakomybės

Valdo ryšio sąsajos objektą.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje.

Sąveikavimas

Klasė naudoja KalibrTiValdymas, MatavTiValdymas, RezultatoSignalas klases. Klasės ValdymoPaneleKal, ValdymoPaneleMatav naudoja šią klasę.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose

SetRysInterfParam(int Port, long Baud_Rate, int Parity, int Data_Bits, int Stop_Bits, int Input_QSize, int Output_QSize)

Atsakomybės

Skirtas ryšio sąsajos parametrus nustatyti.

Skaičiavimai

Nustato ryšio sąsajos parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodami int tipo kintamaseji: sąsajos numeris, sparta, lygynumo požymis, bitų skaičius, „stop“ – bitų skaičius, įėjimo/išėjimo buferių dydis . Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*GetRysInterfParam(int *Port, long *Baud_Rate, int *Parity, int *Data_Bits, int *Stop_Bits, int *Input_QSize, int *Output_QSize)*

Atsakomybės

Skirtas ryšio sąsajos parametrus nuskaityti.

Skaičiavimai

Nustato ryšio sąsajos parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodami int tipo kintamųjų adresai: sąsajos numeris, sparta, lygynumo požymis, bitų skaičius, „stop“ – bitų skaičius, įėjimo/išėjimo buferių dydis . Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*NotEmptyQueue(char *b, int s)*

Atsakomybės

Skirtas ryšio sąsajos duomenims perduoti.

Skaičiavimai

Perduoda duomenis, esančius ryšio sąsajos įėjimo buferyje.

Sąsaja/eksportas

Perduodami: char tipo kintamąjo adresas, skirtas duomenų buferiui; int tipo kintamasis, parodantis baitų skaičių buferyje. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*SiuskDuomenis(char *b, int s)*

Atsakomybės

Skirtas ryšio sąsajos duomenims perduoti.

Skaičiavimai

Įrašo duomenis į ryšio sąsajos išėjimo buferį.

Sąsaja/eksportas

Perduodami: char tipo kintamąjo adresas, skirtas duomenų buferiui; int tipo kintamasis, parodantis baitų skaičių buferyje. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

CloseRysioInterf()

Atsakomybės

Skirtas ryšio sąsajos uždarymui.

Skaičiavimai

Uždaro ryšio sąsają.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

Duomenų Failas

Klasifikacija

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti duomenų failo objektą.

Atsakomybės

Valdo duomenų failo objektą.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje.

Sąveikavimas

Klasė naudoja KalibrTiValdymas, MatavTiValdymas, RezultatoSignalas klases. Klasės ValdymoPaneleKal, ValdymoPaneleMatav naudoja šią klasę.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose

*WriteDuomenis(char *b, int s)*

Atsakomybės

Skirtas duomenims įrašyti į failą.

Skaičiavimai

Įrašo duomenis į failą.

Sąsaja/eksportas

Perduodami: char tipo kintamąjo adresą, skirtas duomenų buferiui; int tipo kintamasis, parodantis baitų skaičių buferyje. Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*ReadDuomenis(char *b, int s)*

Atsakomybės

Skirtas duomenims nuskaityti iš failo.

Skaičiavimai

Nuskaito duomenis iš failą.

Sąsaja/eksportas

Perduodami: char tipo kintamamojo adresas, skirtas duomenų buferiui; int tipo kintamasis, parodantis baitų skaičių buferyje. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

CloseDuomFail()

Atsakomybės

Skirtas duomenų failo uždarymui.

Skaičiavimai

Uždaro duomenų failą.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

FailuPasirinkimoLang

Klasifikacija

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta vartotojui valdyti duomenų failo pasirinkimą.

Atsakomybės

Atlieka duomenų failo pasirinkimo funkciją.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje.

Sąveikavimas

Klasė naudoja DuomenuFailas klasę. Klasė ValdymoPaneleMatav naudoja šią klasę.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

AtidarykFailLang()

Atsakomybės

Skirtas duomenų failo pasirinkimo langui atidaryti.

Skaičiavimai

Atidaro duomenų failo pasirinkimo langą.

Sąsaja/eksportas

Perduodami int tipo kintamieji: aukštis, plotis, vertikali koordinatė, horizontali koordinatė. Pavadinimas – char tipo kintamasis. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*PasirinkFaila(char *p)*

Atsakomybės

Skirtas duomenų failo vardui ir keliui iki failo perduoti.

Skaičiavimai

Perduoda kelią („path“) iki duomenų failo ir duomenų failo vardą.

Sąsaja/eksportas

Gražinamas char tipo kintamasis – kelias + failo vardas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*SetPranLangParam(int h, int w, int t, int l, char *p)*

Atsakomybės

Skirtas duomenų failo pasirinkimo lango parametrus keisti.

Skaičiavimai

Keičia duomenų failo pasirinkimo lango parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodami int tipo kintamieji: aukštis, plotis, vertikali koordinatė, horizontali koordinatė. Pavadinimas – char tipo kintamasis. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*GetPranLangParam(int *h, int *w, int *t, int *l, char *p)*

Atsakomybės

Skirtas duomenų failo pasirinkimo lango parametrus nuskaityti.

Skaičiavimai

Nuskaito duomenų failo pasirinkimo langų parametrus.

Sąsaja/eksportas

Perduodami int tipo kintamieji: aukštis, plotis, vertikali koordinatė, horizontali koordinatė. Pavadinimas – char tipo kintamasis. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida

CloseFailuPasLng()

Atsakomybės

Skirtas duomenų failo pasirinkimo langui uždarymui.

Skaičiavimai

Uždaro duomenų failo pasirinkimo langą.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

KalibrTiValdymas

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti TĮ kalibravimo režimo (KR) metu, konvertuoti, perskaičiuoti duomenis gaunamus iš TĮ. Jos pagalba apjungiamos kitos klasės, naudojamos KR metu. Klasė įgalina inicijuoti ir valdyti KR metu naudojamus objektus.

Atsakomybės

KR metu klasė per ryšio sąsają valdo TĮ komponentų režimus. TĮ siunčiamų duomenų srautą, kurie ateina per ryšio sąsają, konvertuoja į PC naudojamą formatą, tikrina jų teisingumą ir atrenka pagal ryšio kanalus. Duomenis ateinačius iš tokių objektų kaip stiprintuvas, komparatorius, laikinis langas konvertuoja į TĮ naudojamą formatą, formuoja duomenų srautą ir per ryšio sąsają perduoda TĮ.

Apribojimai

Klasė naudojama tik aktyvavus KR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje

Sąveikavimas

Klasė naudoja ValdymoPaneleKal, AtspindžioSignalas, RysioInterfeisas klases. Klasės SignaloStiprituvas, LaikoIntervLang, AmplitudKomparat, ValdymoPaneleKal naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš ryšio sąsajos ir duomenų failo.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose.

TiIniKalibrRezim()

Atsakomybės

Skirtas TĮ inicijavimui, TĮ komponentų pradinių režimų nustatymui.

Skaičiavimai

Inicijuoja TĮ, nustato TĮ komponentus į pradinius režimus.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

TiStrartKalibrRezim()

Atsakomybės

Skirtas TĮ pervesti į KR režimą.

Skaičiavimai

Perveda TĮ į KR režimą.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

TiStopKalRez()

Atsakomybės

Skirtas stabdyti kalibravimo režimą TĮ .

Skaičiavimai

Stabdo kalibravimo režimą TĮ.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*TiKalibrValdymas(int s, char *b)*

Atsakomybės

Skirtas perduoti duomenis TĮ per ryšio sąsają.

Skaičiavimai

Perduoda duomenis TĮ per ryšio sąsają.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamasis – perduodamų baitų skaičius; char tipo kintamasis – duomenų buferis. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*TiDuomenys(int s, char *b)*

Atsakomybės

Skirtas priimti duomenis iš TĮ per ryšio sąsają.

Skaičiavimai

Priima duomenis iš TĮ per ryšio sąsają.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamasis – perduodamų baitų skaičius; char tipo kintamasis – duomenų buferis. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

TiDuomKlaida(int e)

Atsakomybės

Skirtas informuoti apie klaidą, priimant duomenis iš TĮ per ryšio sąsają.

Skaičiavimai

Informuoja apie klaidą, priimant duomenis iš TĮ per ryšio sąsają.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamasis – klaidos numeris

*TiSetLaikIntLanga(int id, double *b)*

Atsakomybės

Skirtas konvertuoti laikinio intervalo objekto perduodamus parametrus į TĮ naudoją formatą.

Skaičiavimai

Konvertuoja laikinio intervalo objekto perduodamus parametrus į TĮ naudoją formatą.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamasis – objekto id; double tipo kintamasis – parametru masyvas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (–1), jei klaida.

*TiSetKomparParam(int id, double *b)*

Atsakomybės

Skirtas konvertuoti amplitudinio komparatoriaus perduodamus parametrus į TĮ naudoją formatą.

Skaičiavimai

Konvertuoja amplitudinio komparatoriaus perduodamus parametrus į TĮ naudoją formatą.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamasis – objekto id; double tipo kintamasis – parametru masyvas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (–1), jei klaida.

*TiSetStiprParam(int id, double *b)*

Atsakomybės

Skirtas konvertuoti amplitudinio objekto stiprintuvus perduodamus parametrus į TĮ naudoją formatą.

Skaičiavimai

Konvertuoja objekto stiprintuvus perduodamus parametrus į TĮ naudoją formatą.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamasis – objekto id; double tipo kintamasis – parametru masyvas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

TiClose()

Atsakomybės

Skirtas objekto sunaikinimui.

Skaičiavimai

Sunaikina objektą.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

AtspindžioSignalas

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta perskaičiuoti KR metu ateinantį iš TĮ duomenų srautą į vieną iš akustinių signalų ir paruošti duomenis išvedimui į grafinę sąsają.

Atsakomybės

Perskaičiuoja KR metu ateinantį iš TĮ duomenų srautą į vieną iš akustinių signalų, paruošia duomenis išvedimui į grafinę sąsają, tikrina ar duomenys ateina iš TĮ, inicijuoja klaidų apdorojimą.

Apribojimai

Klasė naudojama tik aktyvavus KR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje

Sąveikavimas

Klasė naudoja ValdymoPaneleKal, KalibrGrafInterfeisas klases. Klasė Laikmatis naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš ryšio sąsajos ir duomenų failo.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose.

*SkaiciuokAtspindSignala(int s, double *b)*

Atsakomybės

Skirtas perskaičiuoti KR metu ateinantį iš TĮ duomenų srautą į vieną iš akustinių signalų.

Skaičiavimai

Perskaičiuoja KR metu ateinantį iš TĮ duomenų srautą į vieną iš akustinių signalų.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamąjį – duomenų masyvo dydį; double tipo masyvas – perduodamų duomenų masyvas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

ArDuomenys()

Atsakomybės

Skirtas tikrinti ar yra gaunami duomenys iš TĮ, KR metu.

Skaičiavimai

Tikrina ar yra gaunami duomenys iš TĮ, KR metu.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

NeraDuomenu()

Atsakomybės

Skirtas inicijuoti klaidų apdorojimą, kai negaunami duomenys iš TĮ, KR metu.

Skaičiavimai

Inicijuoja klaidų apdorojimą, kai negaunami duomenys iš TĮ, KR metu.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*SaveAkustSignal(int s, double *b)*

Atsakomybės

Skirtas paruošti KR registruotus duomenis saugojimui duomenų faile.

Skaičiavimai

Paruošia KR registruotus duomenis saugojimui duomenų faile.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamąjį – duomenų masyvo dydį; double tipo masyvas – perduodamų duomenų masyvas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*ReadAkustSignal(int s, double *b)*

Atsakomybės

Skirtas paruošti KR duomenis išvedimui į grafinę sąsają, prieš tai apsaugotus duomenų faile.

Skaičiavimai

Paruošia KR duomenis išvedimui į grafinę sąsają, prieš tai apsaugotus duomenų faile.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamąjį – duomenų masyvo dydį; double tipo masyvas – perduodamų duomenų masyvas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

AtspSignClose()

Atsakomybės

Skirtas objekto sunaikinimui ir atminties atlaisvinimui.

Skaičiavimai

Sunaikina objektą ir atlaisvina atmintį.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

SignaloStiprituvas

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti duomenis susijusius su stiprintuvo objektu.

Atsakomybės

Valdo duomenis susijusius su stiprintuvo objektu.

Apribojimai

Klasė naudojama tik aktyvavus KR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje

Sąveikavimas

Klasė naudoja KalibrTiValdymas, DuomenųFailas klases. Klasė ValdymoPaneleKal naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš ryšio sąsajos ir duomenų failo.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose.

SetStiprinimoParam(double s)

Atsakomybės

Skirtas stiprintuvo parametrui pakeisti.

Skaičiavimai

Pakeičia stiprintuvo stiprinimo reikšmę.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis. Gražinama int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*GetStiprinimoParam(double *s)*

Atsakomybės

Skirtas stiprintuvo parametrui nuskaityti.

Skaičiavimai

Nuskaito stiprintuvo stiprinimo reikšmę.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis. Gražinama int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

SaveStiprParam(double s)

Atsakomybės

Skirtas stiprintuvo parametrąms įrašyti į duomenų failą.

Skaičiavimai

Įrašo stiprinimo reikšmę į duomenų failą.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis. Grąžinama int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

ReadStiprParam()

Atsakomybės

Skirtas stiprintuvo parametrąms nuskaityti iš duomenų failo.

Skaičiavimai

Nuskaityto stiprinimo reikšmę iš duomenų failo.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis. Grąžinama int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida

SignStiprClose()

Atsakomybės

Skirtas objekto sunaikinimui ir atminties atlaisvinimui.

Skaičiavimai

Sunaikina objektą ir atlaisvina atmintį.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

LaikoIntervLang

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti duomenis susijusius signalo stebėsenos laikinio lango objektu.

Atsakomybės

Valdo duomenis susijusius signalo stebėsenos laikinio lango objektu.

Apribojimai

Klasė naudojama tik aktyvavus KR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje

Sąveikavimas

Klasė naudoja KalibrTiValdymas, DuomeniFailas klases. Klasė ValdymoPaneleKal naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš ryšio sąsajos ir duomenų failo.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose.

SetLaikIntLangParam(double t1, double t2)

Atsakomybės

Skirtas laikinio lango parametrams pakeisti.

Skaičiavimai

Pakeičia laikinio lango parametrus reikšmę.

Sąsaja/eksportas

Perduodami double tipo kintamieji. Gražinama int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*GetLaikIntLangParam(double *t1, double *t2)*

Atsakomybės

Skirtas laikinio lango parametrams nuskaityti.

Skaičiavimai

Nuskaityti laikinio lango parametrų reikšmę.

Sąsaja/eksportas

Perduodami double tipo kintamieji. Gražinama int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

SaveLaikIntLang(double t1, double t2)

Atsakomybės

Skirtas laikinio lango parametrus įrašyti į duomenų failą.

Skaičiavimai

Įrašo laikinio lango parametrus į duomenų failą.

Sąsaja/eksportas

Perduodami double tipo kintamieji. Grąžinama int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*ReadLaikIntLang(double *t1, double *t2)*

Skirtas laikinio lango parametrus nuskaityti iš duomenų failo.

Skaičiavimai

Nuskaito laikinio lango parametrus iš duomenų failo.

Sąsaja/eksportas

Perduodami double tipo kintamieji. Grąžinama int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

LaikIntLngClose()

Atsakomybės

Skirtas objekto sunaikinimui ir atminties atlaisvinimui.

Skaičiavimai

Sunaikina objektą ir atlaisvina atmintį.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

AmplitudKomparat

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti duomenis susijusius su amplitudinio komparatoriaus objektu.

Atsakomybės

Valdo duomenis susijusius su amplitudinio komparatoriaus objektu.

Apribojimai

Klasė naudojama tik aktyvavus KR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje

Sąveikavimas

Klasė naudoja KalibrTiValdymas, KalibrGrafInterfeisas, DuomenuFailas klases. Klasė ValdymoPaneleKal naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš ryšio sąsajos ir duomenų failo.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose.

SetKomparatParam(double k)

Atsakomybės

Skirtas amplitudinio komparatoriaus parametrą pakeisti.

Skaičiavimai

Pakeičia amplitudinio komparatoriaus suveikimo ribinę reikšmę.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis. Gražinama int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

GetKomparatParam()

Atsakomybės

Skirtas amplitudinio komparatoriaus parametrą nuskaityti.

Skaičiavimai

Nuskaito amplitudinio komparatoriaus suveikimo ribinę reikšmę.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis. Gražinama int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

SaveKomparParam()

Atsakomybės

Skirtas amplitudinio komparatoriaus parametrus įrašyti į duomenų failą.

Skaičiavimai

Įrašo amplitudinio komparatoriaus suveikimo ribinę reikšmę į duomenų failą.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis. Grąžinama int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

ReadKomparParam()

Atsakomybės

Skirtas amplitudinio komparatoriaus parametrus nuskaityti iš duomenų failo.

Skaičiavimai

Nuskaito amplitudinio komparatoriaus suveikimo ribinę reikšmę iš duomenų failo.

Sąsaja/eksportas

Perduodamas double tipo kintamasis. Grąžinama int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida

AmplKompClose()

Atsakomybės

Skirtas objekto sunaikinimui ir atminties atlaisvinimui.

Skaičiavimai

Sunaikina objektą ir atlaisvina atmintį.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida

MatavTiValdymas

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta valdyti TĮ Matavimo režimo (MR) metu, konvertuoti, perskaičiuoti duomenis gaunamus iš TĮ. Jos pagalba apjungiamos kitos klasės, naudojamos MR metu. Klasė įgalina inicijuoti ir valdyti MR metu naudojamus objektus.

Atsakomybės

MR metu klasė per ryšio sąsają valdo TĮ komponentų režimus. TĮ siunčiamų duomenų srautą, kurie ateina per ryšio sąsają, konvertuoja į PC naudojamą formatą, tikrina jų teisingumą ir atrenka pagal ryšio kanalus.

Apribojimai

Klasė naudojama tik aktyvavus MR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje

Sąveikavimas

Klasė naudoja ValdymoPaneleMatav, RezultatoSignalas, RysioInterfeisas klases. Klasės ValdymoPaneleMatav, RysioInterfeisas naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš ryšio sąsajos ir duomenų failo.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose.

TiIniMatavRezim()

Atsakomybės

Skirtas TĮ inicijavimui, TĮ komponentų pradinių režimų nustatymui.

Skaičiavimai

Inicijuoja TĮ, nustato TĮ komponentus į pradinius režimus.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

TiStartMatavRezim()

Atsakomybės

Skirtas TĮ pervesti į MR režimą.

Skaičiavimai

Perveda TĮ į MR režimą.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

TiStopMatavRez()

Atsakomybės

Skirtas stabdyti matavimo režimą TĮ .

Skaičiavimai

Stabdo matavimo režimą TĮ.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*TiMatavValdymas(int s, char *b)*

Atsakomybės

Skirtas perduoti MR duomenis TĮ per ryšio sąsają .

Skaičiavimai

Perduoda MR duomenis TĮ per ryšio sąsają.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamasis – perduodamų baitų skaičius; char tipo kintamasis – duomenų buferis. Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*TiDuomenys(int s, char *b)*

Atsakomybės

Skirtas priimti MR duomenis iš TĮ per ryšio sąsają.

Skaičiavimai

Priima MR duomenis iš TĮ per ryšio sąsają.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamasis – perduodamų baitų skaičius; char tipo kintamasis – duomenų buferis. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

TiDuomKlaida()

Atsakomybės

Skirtas informuoti apie klaidą priimant MR duomenis iš TĮ per ryšio sąsają.

Skaičiavimai

Informuoja apie klaidą priimant MR duomenis iš TĮ per ryšio sąsają.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamasis – klaidos numeris

TiClose()

Atsakomybės

Skirtas objekto sunaikinimui ir atminties atlaisvinimui.

Skaičiavimai

Sunaikina objektą ir atlaisvina atmintį.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

RezultatoSignalas

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta perskaičiuoti MR metu ateinantį iš TĮ duomenų srautą į vieną iš akustinių signalų ir paruošti duomenis išvedimui į grafinę sąsają.

Atsakomybės

Perskaičiuoja MR metu ateinantį iš TĮ duomenų srautą į vieną iš akustinių signalų, paruošia duomenis išvedimui į grafinę sąsają, tikrina ar duomenys ateina iš TĮ, inicijuoja klaidų apdorojimą.

Apribojimai

Klasė naudojama tik aktyvavus MR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje

Sąveikavimas

Klasė naudoja ValdymoPaneleMatav, ZemDaznFiltr, JuostinisFiltr, MatavGrafInterfeisas, DuomenuFailas klases. Klasės MatavTiValdymas, Laikmatis naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš ryšio sąsajos ir duomenų failo.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose.

*SkaiciuokRezultSignala(int s, double *b)*

Atsakomybės

Skirtas perskaiciuoti MR metu ateinantį iš TĮ duomenų srautą į vieną iš akustinių signalų.

Skaičiavimai

Perskaiciuoja MR metu ateinantį iš TĮ duomenų srautą į vieną iš akustinių signalų.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamąjį – duomenų masyvo dydį; double tipo masyvas – perduodamų duomenų masyvas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

ArDuomenys()

Atsakomybės

Skirtas tikrinti ar yra gaunami duomenys iš TĮ, MR metu.

Skaičiavimai

Tikrina ar yra gaunami duomenys iš TĮ, MR metu.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

NeraDuomenu()

Atsakomybės

Skirtas inicijuoti klaidų apdorojimą, kai negaunami duomenys iš TĮ, MR metu.

Skaičiavimai

Inicijuoja klaidų apdorojimą, kai negaunami duomenys iš TĮ, MR metu.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*SaveRezultSignal(int s, double *b)*

Atsakomybės

Skirtas paruošti MR metu registruotus duomenis saugojimui duomenų faile.

Skaičiavimai

Paruošia MR metu registruotus duomenis saugojimui duomenų faile.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamąjį – duomenų masyvo dydį; double tipo masyvas – perduodamų duomenų masyvas. Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

*ReadRezultSignal(int s, double *b)*

Skirtas paruošti MR duomenis išvedimui į grafinę sąsają, prieš tai apsaugotus duomenų faile.

Skaičiavimai

Paruošti MR duomenis išvedimui į grafinę sąsają, prieš tai apsaugotus duomenų faile.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamąjį – duomenų masyvo dydį; double tipo masyvas – perduodamų duomenų masyvas. Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

RezultSignClose()

Skirtas objekto sunaikinimui ir atminties atlaisvinimui.

Skaičiavimai

Sunaikina objektą ir atlaisvina atmintį.

Sąsaja/eksportas

Grąžinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Grąžinama (-1), jei klaida.

ZemDaznFiltr

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta MR metu užregistruotų signalų žemo dažnio (ŽD) filtracijai ir diskretizacijos dažnio mažinimui.

Atsakomybės

Atlieka MR metu užregistruotų signalų ŽD filtraciją ir diskretizacijos dažnio mažinimą.

Apribojimai

Klasė naudojama tik aktyvavus MR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje

Sąveikavimas

Klasė RezultatoSignalas naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš ryšio sąsajos ir duomenų failo.

Skaičiavimai

Skaičiavimai pateikti klasės metodų aprašymuose.

Sąsaja/eksportas

Klasės metodai pateikti metodų aprašymuose.

*KeiskFlKoeff(int sa, double *a, int b, double *b)*

Atsakomybės

Skirtas keisti filtro koeficientus.

Skaičiavimai

Keičia filtro koeficientus.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: du int tipo kintamuosius – koeficientų masyvų dydį; double tipo masyvai – perduodamų koeficientų masyvai. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

IniFiltr()

Atsakomybės

Skirtas filtro parametrų priskyrimui pradinių reikšmių.

Skaičiavimai

Priskiria filtro parametrams pradines reikšmes.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*Filtruok(int s, double *b)*

Atsakomybės

Skirtas ŽD filtracijai.

Skaičiavimai

Atlieka ŽD filtraciją.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamąjį – duomenų masyvo dydį; double tipo masyvas – perduodamų duomenų masyvas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

MazinkDiskretDazni()

Atsakomybės

Skirtas diskretizacijos dažniui mažinti.

Skaičiavimai

Atlieka diskretizacijos dažnio mažinimą.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamąjį – duomenų masyvo dydį; double tipo masyvas – perduodamų duomenų masyvas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

FiltrClose()

Skirtas objekto sunaikinimui ir atminties atlaisvinimui.

Skaičiavimai

Sunaikina objektą ir atlaisvina atmintį.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

JuostinisFiltr

Klasė

Apibrėžimas

Klasė skirta MR metu užregistruotų kvėpavimo signalų pagrindinės harmonikos išskyrimui.

Atsakomybės

Išskiria MR metu užregistruotų kvėpavimo signalų pagrindinę harmoniką.

Apribojimai

Klasė naudojama tik aktyvavus MR.

Struktūra

Klasės struktūra pateikta klasių diagramoje

Sąveikavimas

Klasė RezultatoSignalas naudoja šią klasę.

Resursai

Klasė naudoja duomenis gaunamus iš ryšio sąsajos ir duomenų failo.

*KeiskFlKoeff(int sa, double *a, int b, double *b)*

Atsakomybės

Skirtas keisti filtro koeficientus.

Skaičiavimai

Keičia filtro koeficientus.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: du int tipo kintamuosius – koeficientų masyvų dydį; double tipo masyvai – perduodamų koeficientų masyvai. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

IniFiltr()

Atsakomybės

Skirtas filtro parametrų priskyrimui pradinių reikšmių.

Skaičiavimai

Priskiria filtro parametrus pradines reikšmes.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

*Filtruok(int s, double *b)*

Atsakomybės

Skirtas juostiniai filtracijai.

Skaičiavimai

Atlieka juostinę filtraciją.

Sąsaja/eksportas

Perduoda: int tipo kintamąjį – duomenų masyvo dydį; double tipo masyvas – perduodamų duomenų masyvas. Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

FiltrClose()

Skirtas objekto sunaikinimui ir atminties atlaisvinimui.

Skaičiavimai

Sunaikina objektą ir atlaisvina atmintį.

Sąsaja/eksportas

Gražinama Int tipo reikšmė.

Išimtys

Gražinama (-1), jei klaida.

9.3 Straipsnio medžiaga

Title: Non-invasive assessment of intracranial biomechanics of the human brain

Authors: Arminas Ragauskas^a, Romanas Chomskis^a, Gediminas Daubaris^a, Egidijus Jarzemas^b, Ian Piper^c, Saulius Rocka^b

Affiliations:

^a Telematics Scientific Laboratory, Kaunas University of Technology, Lithuania;

^b Department of Neurosurgery, Vilnius University Emergency Hospital, Vilnius, Lithuania

^c Department of Clinical Physics, Southern General Hospital, Glasgow, UK

Contact author: Arminas Ragauskas, Prof., DSc., FBC, FLSHD

Telematics Scientific Laboratory, Kaunas University of Technology,

Studentu 50-448, Kaunas, LT-3031, Lithuania

Phone +370 686 20084, Fax: +370 37 736897, e-mail: telematics@ktu.lt

Abstract

This review paper describes innovative methods and technology for non-invasive human brain physiological monitoring based on measuring the acoustic properties of the brain parenchyma. The clinical investigation of new technology shows the similarity between the invasively recorded intracranial pressure (ICP) and non-invasively recorded intracranial blood volume (IBV) pulse waves, slow waves and slow trends under intensive care unit (ICU) conditions. Also, the applicability of the non-invasive IBV slow wave monitoring technique for long-term non-invasive cerebrovascular autoregulation monitoring is supported by theoretical and experimental studies. The paper also describes a new absolute ICP measurement method which does not need calibration. The new method is based on a two-insonation depth transcranial Doppler (TCD) technique for absolute ICP and external absolute

pressure aPe comparison using the eye artery (EA) as a natural “scales”. The clinical study shows that it is possible to measure ICP non-invasively without calibration of the system.

Introduction

The primary clinical objective after traumatic brain injury (TBI) is to prevent secondary insults including elevated ICP, a common sequel to the primary injury. The concept is to prevent cerebral hypoxia by maintaining sufficient oxygen delivery to the intracranial neural tissues. This implies that cerebral blood flow (CBF), arterial oxygen saturation and hemoglobin concentration in a specific patient need to be adequate.

Intracranial pressure (ICP) and cerebral perfusion pressure (CPP) monitoring is recommended for severe TBI. There are several limitations of ICP and CPP monitoring: the ICP devices are invasive, distinct ICP and CPP target recommendations are uncertain and not specific for the individual patient, CPP is not equivalent to CBF and the relationship between CBF and CPP depends on the status of CBF autoregulation.

Additional causes of elevated ICP include shaken-baby syndrome, epidural and subdural hematomas, brain hemorrhage, meningitis, encephalitis, lead poisoning, Reye’s syndrome, hypervitaminosis A, diabetic ketoacidosis, water intoxication, brain tumors, blood clots in the craniocavity, abscesses, stroke, hydrocephalus and dural sinus and venous thrombosis. Elevated ICP is very serious pathology and may be life threatening. It requires immediate treatment and continuous monitoring.

This review paper describes innovative methods and technology for human brain non-invasive physiological monitoring. The clinical investigation of new technology shows the similarity between the invasively recorded intracranial pressure (ICP) and non-invasively recorded intracranial blood volume (IBV) pulse waves, slow waves and slow trends under intensive care unit (ICU) conditions. Also, the applicability of the non-invasive IBV slow wave monitoring technique for long-term non-invasive cerebrovascular autoregulation monitoring is supported by theoretical and experimental studies.

The paper also describes a new absolute ICP measurement method which does not need calibration. The new method is based on a two-insonation depth transcranial Doppler (TCD) technique for absolute ICP and external absolute pressure aPe comparison using the eye artery (EA) as a natural “scales”. The clinical study shows that it is possible to measure ICP non-invasively without calibration of the system.

Materials, Methods and Results

1. State of the art of non-invasive ICP measurement

The arterial blood pressure (ABP) and intracranial pressure (ICP) are both fundamental physiological parameters that must be monitored in brain injured patients in order to determine their physiological state. The most important characteristics of brain cerebrovascular function are cerebral blood flow autoregulation (CA), cerebrospinal compliance (CS), cerebral perfusion pressure (CPP), which are all dependent on ABP and ICP [27,9,26,5]. It has been technically possible to measure ABP non-invasively since 1904 [11] after the invention of Nobel prize (1944) winner Joseph Erlanger. Why it is still impossible to measure absolute ICP non-invasively?

There are several main problems limiting the ability to create a non-invasive ICP meter. The first problem is to find a physiological or biophysical characteristic of the cerebrospinal system that could be related to ICP, the parameters of which could be measured using non-invasive methods. These concepts for non-invasive ICP measurement have been appearing since 1977 which have generated many patents, the authors of which attempt to find the objects or physiological characteristics of the cerebrospinal system that would be related to the ICP and monitor them non-invasively (Table 1) [31,29,2,17,3,10,20,19,12,22,35,14,15,4,21,34]. Most of the proposed monitoring technologies are based on use of ultrasound and are capable of monitoring physiological properties such as blood flow in: intracranial [2,17] or intraocular vessels [29,3,10], pulsations of the cerebral ventricle [20,19], brain tissue [12,22], cranial bone diameter [35], dura matter thickness [14,15], acoustic properties of the cranium [4] or skull bones [21].

The second problem is to define the relationship between non-invasively measured characteristics of the craniospinal system and absolute ICP which includes all the key known influential physiological and physical factors. Such a relationship could be expressed using the general equation:

$$E_{ICP}(t) = F_x(t, ABP, ICP, \dots) + \Delta_s(t, ABP, \dots), \quad (1)$$

where: E_{ICP} is non-invasively measured ICP, F_x is a non-linear function which relates E_{ICP} and ICP and which depends on many influential factors including time, ABP, cerebrospinal compliance, the state of cerebral autoregulation, the state of a patient's individual demographic factors (gender, age, etc.), ΔS is systematic error which also depends on a series of influential factors.

The third problem that must be solved in order to implement non-invasive ICP monitoring is the question of how to calibrate non-invasively and individually to the patient, the absolute ICP meter?

While exploring these problems and the considering the work of J. Guiset [12], we developed the ultrasonic time of flight technology for non-invasive intracranial blood volume monitoring [27,31,25].

Our technology is based on the following experimental findings:

- the acoustic properties of the brain parenchymal acoustic path are dependent upon the blood, cerebrospinal fluid and parenchyma tissue volume within this path;
- these acoustic properties can be measured or monitored non-invasively and in real-time;
- measured values of ultrasound speed and attenuation across the intracranial acoustic path is correlated to the intracranial volume changes and waves which are the causes of ICP changes and waves.

Using this approach, new information about the human cerebrovascular system can be obtained while measuring the dynamics of the acoustic properties of brain parenchyma [27,25,24]. These include:

- the correlation coefficient between non-invasively measured slow waves (such as B waves) of the cerebral blood volume and the slow waves of the ABP is an indicator of the function of cerebral blood flow autoregulation;

- the changes of brain compliance due to the pathological changes in intracranial component volumes influences the cerebral blood outflow. These cerebrospinal compliance changes can be determined by measuring the parameters of cerebral blood volume pulse waves.

2. Non-invasive intracranial blood volume change monitoring method

The cause of ICP fluctuations and ICP waves ($\Delta ICP(t)$) are intracranial volume (V) changes $\Delta V(t)$ (Fig. 1) [18]. Fig. 1 shows the relationship between ICP, V , CSC, intracranial blood volume pulse waves $\Delta V(t)$ and ICP pulse waves $\Delta ICP(t)$. Our aim was to create non-invasive ultrasonic technology for monitoring the volume V changes and volume waves $\Delta V(t)$ in order to study the dynamics underlying ICP change. The dynamics of the craniospinal axis have not been studied before because of the lack of non-invasive volumetric monitoring technology.

The non-invasive measurement of the changes of intracranial component volumes is based on the time-of-flight for transmission of ultrasonic waves through the human head [27,24]. As all intracranial components (brain tissue, cerebrospinal fluid, blood) have different acoustic properties (ultrasound speed, frequency dependent attenuation), changes of their relative content inside the acoustic path will influence the total acoustic characteristics of intracranial media and thus the monitored parameters of the ultrasonic signal as well [27,24].

The results of mathematical simulations [27,24] of ultrasound pulse propagation through the human brain show the linear relationship between changes in the time-of-flight of the ultrasound pulse with changes in blood volume within the cerebral parenchyma. Because the intracranial blood volume changes are directly related with ICP and craniospinal compliance changes, it supports the use of time-of-flight measurement to evaluate these physiological parameters.

2.1. Non-invasive monitoring of ICP trends

The basic concept underlying the non-invasive monitoring of cerebral blood volume, ICP pulse waves, respiratory waves, slow waves and trend evaluation is outlined below [27,25,28]:

- the intraventricular or supraventricular parenchymal acoustic path which crosses the human head is used as the volume under study (Fig 2). The parenchymal acoustic path mainly consists of parenchymal tissue, relatively small blood vessels (arterioles, venules and capillary vessels) and a small amount of cerebrospinal fluid (CSF) (Fig. 2). The parenchymal arterioles are those mainly responsible for cerebral blood flow autoregulation. The *speed* of ultrasound within the parenchymal acoustic path mainly depends on the blood volume inside this path. Also, the *attenuation* of ultrasound inside this path mainly depends on the volume of parenchymal tissue inside this path,

- to measure the changes in ultrasound speed inside the parenchymal acoustic path, this path is insonated by broadband ultrasonic pulses and the time-of-flight measured,

- to compensate for the the influences of the external tissue hemodynamics in real-time and *in situ* the same ultrasonic pulses and their echoes from internal surfaces of the skull are also measured,

- specially designed software is used to convert the measured data into both absolute and relative indices for ICP, CPP or into the status of cerebral blood flow autoregulation,

This method is the only existing technology for non-invasive monitoring of the volume dynamics of the cerebral parenchyma microvessels.

The non-invasive ultrasonic Vittamed monitor was designed and tested in several intensive care units (ICU). The display panels of the Vittamed monitor are shown in Fig. 3 a), b) and c).

The simultaneous invasive ICP monitoring (Camino or Codman) with the non-invasive Vittamed monitor was performed for ICU coma patients with severe closed head injuries. The clinical results of simultaneous ICP pulse wave monitoring and long - term trend monitoring (1 h ... 3 h) are illustrated in Fig. 4 a), b), c), d) and e).

The non-invasive ICP indices were calculated from the ultrasound time-of-flight data using linear conversion after the real-time and *in situ* compensation of the influence of the external tissue and skull bones on the measured time-of-flight data. In 18 head injured patients we demonstrated a linear relationship between the measured ultrasound speed in the cerebral parenchymal acoustic path and ICP. The test range was clinically relevant and covered a range from ICP = 0 mmHg up to ICP = 50 mmHg. This linear relationship covers the critical treatment level of ICP which is believed to be approximately 20 mmHg.

2.2. The concept of cerebrovascular autoregulation non-invasive monitoring

Slow waves of ICP are the consequence of slow variations of intracranial blood volume. The duration of slow B waves can vary between 30 s to 200 s [9].

In the case of normal autoregulation, the correlation coefficient between ICP and BP $r(\text{ICP};\text{ABP})$ is negative and opposite to that found with an impaired cerebral autoregulation (CA) which has a positive correlation coefficient $r(\text{ICP};\text{ABP})$ [35,36]. Under optimal autoregulatory conditions, $r(\text{ICP};\text{ABP})$ is close to -1 . With functioning autoregulation, an increase in CPP (within the physiological limits) is accompanied by constriction of the cerebral arterioles (active vasoconstriction), i.e. their diameter decreases in order to keep the cerebral blood flow stabilised. In the case of impaired cerebral autoregulation (CA), an increase in ABP is accompanied by passive dilatation of the cerebral arterioles, i. e. their diameter and blood flow rate increases with the a rise in CPP. Under worst case conditions for impaired CA the correlation between ICP and BP $r(\text{ICP}; \text{ABP})$ tends towards $+1$.

For non-invasive monitoring, the invasive ICP slow wave monitor could be replaced by the non-invasive monitoring of *the relative speed* $\Delta C/C_0$ of ultrasound through a volume of brain parenchyma, which also reflects the slow variations of intracranial blood volume. Thus, the estimation of CA can be performed by calculating the correlation coefficient between slow ABP waves and also slow $\Delta C/C_0$ waves (as a measure of B-wave activity due to fluctuations in the cerebral blood volume). The same ABP waves were used for calculation of both invasive $r(\text{ICP}; \text{ABP})$ and non-invasive $r(\Delta C/C_0; \text{ABP})$ coefficients.

The concept of non-invasive CA monitoring has been demonstrated experimentally in studies conducted in the ICU. Twelve severely head injured patients under different

pathophysiological conditions were monitored invasively and non-invasively using invasive ICP monitoring (Codman or Camino), invasive ABP monitoring (Datex) and non-invasive monitoring (Vittamed). The distribution for ICP and ABP ranged from 3 to 80 mmHg and 35 to 140 mmHg respectively. The average age of patients was 31.25 years. The youngest and oldest patients were 21 and 64 years old respectively. Fifty-five one hour sessions of invasive and non-invasive CA monitoring and 86 one hour sessions of ICP and $\Delta C/C_0$ simultaneous monitoring have been performed during clinical studies. We found that 40% of the total time of monitorings (86 hrs) the correlation coefficient between $\Delta C/C_0$ and ICP $r(\Delta C/C_0; ICP)$ exceeded 0.9. About 80% of the total monitoring time $r(\Delta C/C_0; ICP)$ was above 0.6. This indicates that invasive monitoring of ICP slow waves can be effectively replaced by non-invasive monitoring of the intracranial volume slow waves and that the correlation coefficient between ABP waves and the relative velocity change of ultrasound transmission $r(\Delta C/C_0; ABP)$ can be reliably used for non-invasive estimation of the status of CA.

We also determined that the correlation coefficient $r(\Delta C/C_0; ICP)$ exceeds 0.9 when the amplitude of CPP B waves is above 3 mmHg. Thus the threshold for reliable diagnosing of CA could be chosen to be close to 3 mmHg for slow waves in CPP, as as found in many pathophiological cases, the amplitude of CPP slow waves are within the ranges of 3 to 30 mmHg. Furthermore, a minimum of a 3 mmHg amplitude CPP slow wave is typically found in infants as well.

An example of a one-hour session of simultaneous invasive and non-invasive monitoring of slow waves and cerebrovascular autoregulation is illustrated in Fig. 5 It shows a good agreement between invasive and non-invasive measurements $r(\Delta C/C_0; ABP) \cong r(ICP; ABP)$. The correlation coefficient $r(\Delta C/C_0; ICP)$ between $\Delta C/C_0$ and ICP slow waves was close to +1,0 while the state of CA was changing from intact CA ($r < 0$) to impaired CA ($r > 0$) (Fig. 6). Key unique feature of the using non-invasive CA monitoring technology is that our method of correlation coefficient analysis does not require calibration procedures. Moreover this

technique is appears insensitive to any drift or the absolute magnitude of the non-invasively measured data.

3. Ultrasonic method for absolute ICP measurement without calibration problem

Existing non-invasive ICP measurement methodologies share a common problem of calibration into absolute (aICP) data. This problem is the main factor limiting the effective implementation of non-invasive aICP measurement systems into clinical practice [30].

The only reliable solution for non-invasive aICP measurement system calibration we have found is to calibrate aICP measurement by the direct comparison of aICP with an extracranially applied pressure aPe using a “physiological scales” methodology. The question is where are such “scales” suitable for aICP measurement in the human body?

One option is to use intracranial arteries as natural ICP sensors. The ophthalmic artery (OA) is a unique vessel with both intracranial (OI) and extracranial segments (OE) with almost similar anatomy. The pressure balance between the two segments can be achieved when the absolute value of external pressure aPe applied to OE via the eye orbit, is equal to the aICP which affects the intracranial segment of OI [29]. When balanced $aPe = aICP$ and the blood flow parameters in both OA segments (OE and OI) are almost equal and independent of: the absolute value of arterial blood pressure, hydrodynamic resistance of the eye veins, the pressure inside the eye ball and the initial absolute value of the blood flow in both segments of the eye artery. Therefore, by designing a special two depth pulse wave transcranial Doppler device that can simultaneously measure both the intracranial (OI) and extracranial (OE) segments of the OA we have a technology that can identify this balance in the natural “physiological scales”. The absolute value of external pressure which needs to be applied to the orbit to effect this balance reflects the absolute ICP value.

In order to validate the proposed aICP measurement method we conducted a clinical study of simultaneous invasive and non-invasive aICP measurements performed under neurosurgical ICU conditions. The main goal of the study was to determine the systematic error of the non-

invasive method compared with the invasive method. In order to minimize any systematic errors the simultaneous invasive (ICP Codman) and non-invasive aICP measurements (physiological scales method) were performed as soon as possible after implantation of invasive ICP transducers. The study population consisted of all closed severe traumatic brain injury patients, 57 male and 37 females with a mean age of 27.6 (18–70) years. All implanted with invasive ICP transducers.

The results of the clinical study are summarized in Fig. 6. A Bland - Altman plot (Fig. 6) of the simultaneous invasive and non-invasive aICP measurements shows that the difference $\Delta = ICP_i - ICP_n$ between simultaneous invasive and non-invasive aICP data has a negligible systematic error 0.939 mmHg. This systematic error (solid line in Fig. 6) does not depend on aICP over the tested aICP range. This data is evidence that the proposed non-invasive aICP measurement system does not need correction for systematic errors, that is does not need calibration. The random errors (Fig. 6) inherent with the clinical data (SD = 6.18 mmHg) are followed by both invasive and non-invasive measurement systems. The random error of the non-invasive aICP system is mainly due to the limited resolution and accuracy of the two depth TCD device. That is a new challenge for further development of the two depth TCD technology development [27].

Conclusions

The comparative clinical studies outlined in this paper on the non-invasive ultrasonic Vittamed monitoring technology simultaneously with invasive ICP monitors conducted in the ICU show that:

- it is possible to achieve measurement accuracy better than ± 2.0 mmHg for long term non-invasive ICP monitoring using our time of flight methodology over a clinically relevant range of ICP values from 0 mmHg to 50 mmHg and to achieve a high correlation $r = 0.997$ between invasively and non-invasively measured ICP data;

- the non-invasive time-of-flight technology Vittamed can also be applied for continuous cerebrovascular autoregulation monitoring based on correlation monitoring between BP and non-invasive ICP slow waves. The high correlation between invasively and non-invasively measured ICP and intracranial blood volume slow wave data has been demonstrated in these clinical studies ($p > 0.95$, 87 hours of monitoring in 13 patients);
- the amplitude and shape of non-invasively measured intracranial blood volume (IBV) pulse waves are also related to cerebrospinal compliance.

The innovative “physiological scales” method described in this paper for measurement of absolute ICP by non-invasive two depth TCD measurement, is the only known method for non-invasive measurement of absolute ICP without the need for individual patient to patient calibration.

Acknowledgements: The clinical studies were supported by the US Department of Defence, by Lithuanian State Science and Studies Foundation and European Union (BPD04-ERPF-3.1.7-03-05/0020, Lithuanian Republic).

References:

1. Allocca J. A. Method and apparatus for noninvasive monitoring of intracranial pressure. US Patent 4204547, 1980.
2. Alperin N. Method for measurement intracranial pressure. US Patent 5993398, 1999.
3. Borchert M. S., Lambert J. L. Non-invasive method for measuring cerebral spinal fluid pressure. US Patent 6129682, 2000.
4. Bridger K., Cooke A. V., Crowne F. J., Kuhn P. M., Lutian J. J., Passaro E. J., Sewell J. M. Apparatus and method for measurement of intracranial pressure with lower frequencies of acoustic signal. US Patent 5919144, 1999.
5. Chambers I R, Daubaris G, Jarzemas E, Fountas K, Kvascevicius R, Ragauskas A, Rocka A, Robinson JS, Sitkauskas A. The clinical application of non-invasive intracranial blood volume pulse wave monitoring. *Physiol. Meas.* 2005;26:1019–1032.
6. Contant C, Robertson C, Crouch J, Gopinath S, Narayan R, Grossman. Intracranial pressure waveform indices in transient and refractory intracranial hypertension. *Journal of Neuroscience methods* 1995;57:15-25.
7. Czosnyka M, Pickard JD. Monitoring and interpretation of intracranial pressure J. *Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 2004;75:813-821.
8. Czosnyka M, Smielewski P, Kirkpatrick P, Laing RJ, Menon D, Pickard JD. Continuous assessment of the cerebral vasomotor reactivity in head injury. *Neurosurgery* 1997; 41: 11-19.
9. Czosnyka M, Smielewski P, Kirkpatrick P, Menon DK, Pickard JD. Monitoring of cerebral autoregulation in head-injured patients. *Stroke* 1996;27:1829-1834.
10. Denninghoff K. R. Oxymetric tonometer with intracranial pressure monitoring capability. WO 99/65387, 1999.

11. Erlanger J. A new instrument for determining the minimum and maximum blood pressures in man. *John Hopkins Hosp. Rep.*, 12:53, 1904.
12. Guiset J. Procédé et dispositif pour la mesure d'une pression ou d'une distance par ultra-sons, FR Patent 2318420, 1977
13. Janny P., La pression intra-crânienne chez l'homme. Méthode d'enregistrement – Etude de ses variations et de ses rapports avec les signes cliniques et ophtalmologiques. Thesis, Paris, 1950.
14. Kageyama N., Sakuma N. Apparatus for measuring intracranial pressure. US Patent 4984567, 1991.
15. Kageyama N., Sakuma N. Apparatus for recording intracranial pressure. US Patent 4971061, 1990.
16. Lang W, Paulat K, Witte C, Zolondz J, Aximilian H. Noninvasive intracranial compliance monitoring. *J.Neurosurg* 2003; 98,:214–218.
17. Madsen J. R., Taylor G. A. Non-invasive in vivo pressure measurement. US Patent 6086533, 2000.
18. Marmarou A. Keynote lecture. Intracranial Pressure and Brain Monitoring XII Symposium, Hong-Kong, 2004.
19. Michaeli D. Noninvasive monitoring of intracranial pressure. WO 00/68467, 2000
20. Michaeli D. Ultrasound apparatus and method for tissue resonance analysis. US Patent 6,702 743 B2, 2004.
21. Mick E. C. Method and apparatus for the for measurement intracranial pressure. US Patent 5117835, 1992.
22. Mourad P.D. et al. Systems and methods for making noninvasive physiological assessments. US Patent 6,875,176 B2, 2005
23. Paulat K. Method and device for measurement the intracranial pressure in the skull of a test subject. WO 97/30630, 1997.

24. Petkus V, Ragauskas A, Jurkonis J. Investigation of intracranial media ultrasonic monitoring model. *Ultrasonics* 2002; 40: 827-831.
25. Ragauskas A, Daubaris G, Petkus V, Chomskis R. Ultrasonic non-invasive intracranial wave monitor. *Ultragarsas* 2002; 4(45):34-39.
26. Ragauskas A, Daubaris G, Ragaisis V, Petkus V, Andrasunas V. Assessment of cerebrovascular autoregulation non-invasive monitoring in the cases of traumatic brain injuries. *Matavimai* 2002;3(23):21-24 (in Lithuanian).
27. Ragauskas A, Daubaris G, Ragaisis V, Petkus V. Implementation of non-invasive brain physiological monitoring concepts. *Medical Engineering and Physics* 2003;25:667-678 .
28. Ragauskas A, Daubaris G, Rocka, Petkus V. Innovative technologies of head injury physiological monitoring, *Ultragarsas*, 2000;37:51-57.
29. Ragauskas A, Daubaris G, Dziugys A. Method and apparatus for determining the pressure inside the brain. US Patent 5951477, 1999.
30. Ragauskas A, et al. Innovative non-invasive method for absolute intracranial pressure measurement without calibration. *Acta Neurochir* 2005; [Suppl] 95: 357-361
31. Ragauskas A, Daubaris G. A method and apparatus for non-invasively deriving and indicating of dynamic characteristics of the human and animal intracranial media. US Patent 5388583, 1995; Int. Patent Application PCT/IB94/00293, Intern. Publication WO95/06435, 1995; European Patent 0717606, 1999.
32. Rocka S, Sitkauskas A, Kvascevicus R, Jarzemskas E, Rocka V, Ragauskas A, Daubaris G, Robinson J. Assessment of ultrasonic pulse waves in patients with diagnosing brain death. *Acta medica Lithuania* 2002;T2N3:130-135.
33. Rosenfeld, John G., Watts, Clark, York, Donald H. Method and apparatus for intracranial pressure estimation: US Patent 4564022, 1986.

34. Sinha D. N. Method for noninvasive intracranial pressure measurement. US Patent 6117089, 2000.
35. Yost W. T., Cantrell Jr. J. H. Non-invasive method and apparatus for monitoring intracranial pressure and pressure volume index in humans: US Patent 5617873, 1997.

Figure legends:

Fig. 1. Relationship between ICP, V, CSC, intracranial blood volume pulse waves $\Delta V(t)$ and ICP pulse waves $\Delta ICP(t)$

Fig. 2. State of the art methodologies for non-invasive ICP measurement

Fig. 3. The display panels of the non-invasive Vittamed monitor: a) for pulse, respiratory wave and trend monitoring; b) for cerebrovascular autoregulation monitoring using slow intracranial wave methodology; c) for pulse wave shape analysis

Fig. 4. Simultaneous invasive and non-invasive of ICP pulse waves monitoring a) ICP=80 mmHg, b) ICP=60 mmHg, c) ICP=40 mmHg, d) ICP=20 mmHg and e) long – term 3 h monitoring .

Fig 5. One hour invasive and non-invasive monitoring data of cerebrovascular autoregulation

Fig. 6. Bland - Altman plot (57 simultaneous invasive and non-invasive aICP measurements in ICU): mean value $m = ICP_i - ICP_n = 0.939$ mmHg, standard deviation $SD=6.18$ mmHg, solid line shows a negligible systematic error of the non-invasive aICP measurement system.

Tables

Table 1. Main patents of non-invasive ICP measurement methods

Author and patent number,	Year	Object or characteristic related to ICP	Method
Guiset [14] FR Pat. 2318420	1977	Acoustic properties of brain tissues	Ultrasound pulse transmission through the intracranial media and signal time-of-flight measurement
Allocca [23] US Pat. 4,204,547	1980	Blood flow in a jugular vein	Occlusion of blood flow in a jugular vein and the electromagnetic measurement of the change of blood flow within the jugular vein upstream of the occlusion
Rosenfeld et al. [24] US Pat. 4564022	1986	Electrical brain activity	Measurement of the changes of electrical brain activity after the light stimulus into the eyes
Kageyama [18] US Pat. 4,971,061	1990	Dura matter thickness	Amplitude measurement of ultrasound interference echoes reflected from dura matter
Kageyama [17] US Pat. 4,984,567	1991	Dura matter thickness	Cepstrum analysis of ultrasound interference echoes reflected from dura matter
Mick [20] US Pat. 5,117,835	1992	Sound attenuation in skull bones	Measurement of ultrasound attenuation in skull bones and signal spectrum analysis
Ragauskas et al. [6] US Pat. 5,388,583	1995	Acoustic properties of brain parenchyma tissue	Ultrasound pulse transmission through the intracranial media and signal time-of-flight measurement
Yost et al. [16] US Pat. 5,617,873	1997	Cranium diameter	Phase measurement of ultrasound signal reflected from the far side of the skull
Paulat [22] WO 97/30630	1997	Electrical resistance of the skull	Signal waveform analysis
Bridger et al. [19] US Pat. 5,919,144	1999	Acoustic impedance and resonance characteristics of the cranium	Low frequency acoustic signal transmission through the cranium and the application of the spectral analysis for a detected signal
Alperin [8] US Pat. 5,993,398	1999	Arterial and venous blood flow and the cerebrospinal fluid flow	Phase contrast magnetic resonance imaging
Denninghoff [11] WO 99/65387	1999	Eye vessels and intraocular pressure	Simultaneous measurement of the SrVO ₂ saturation in retinal vessels, intraocular pressure and cardiac cycle
Ragauskas et al. [7]	1999	Blood flow in the eye artery	Ultrasonic two depth Doppler blood flow measurement technique

US Pat. 5,951,477			
Madsen et al. [9] US Pat. 6,086,533	2000	Blood flow in the intracranial vessels	Ultrasonic Doppler blood flow measurement technique
Borchert et al. [10] US Pat. 6,129,682	2000	Parameters of an optic nerve of the eye	Optical coherence tomography
Sinha [21] US Pat. 6,117,089	2000	Stress level of skull bones	Generating and detecting standing waves in the skull bones and the measurement of phase difference between the transmitted oscillatory signal and the received signal
Michaeli [12,13] WO 0068467, US 6,702,743	2000, 2004	Cerebral ventricle vibration	Analysis of echo pulsogram waves
Mourad [15], US Pat. 6,875,176	2005	Brain tissue displacement	Ultrasonic brain elasticity measurement

Figure 1

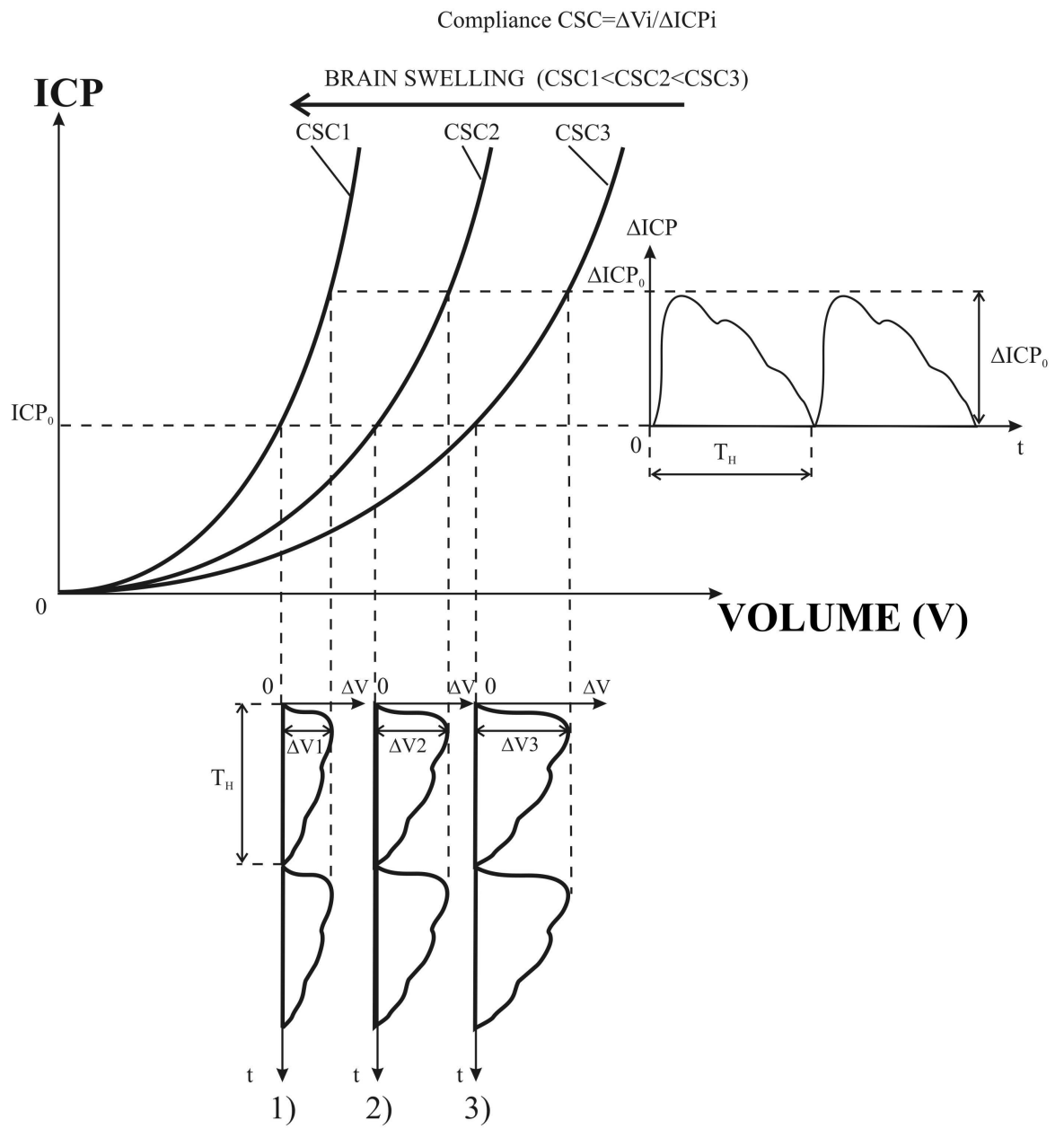


Figure 2

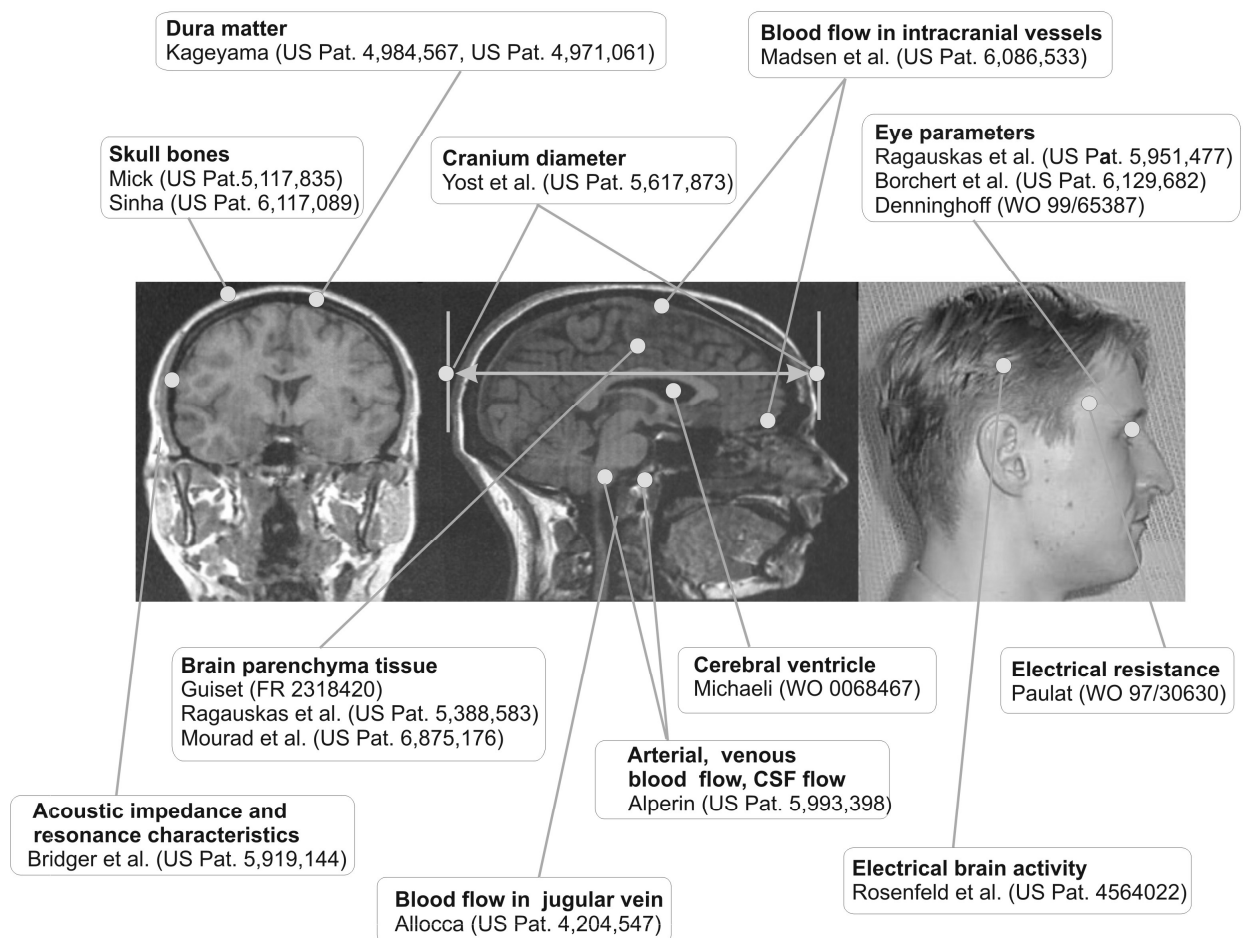
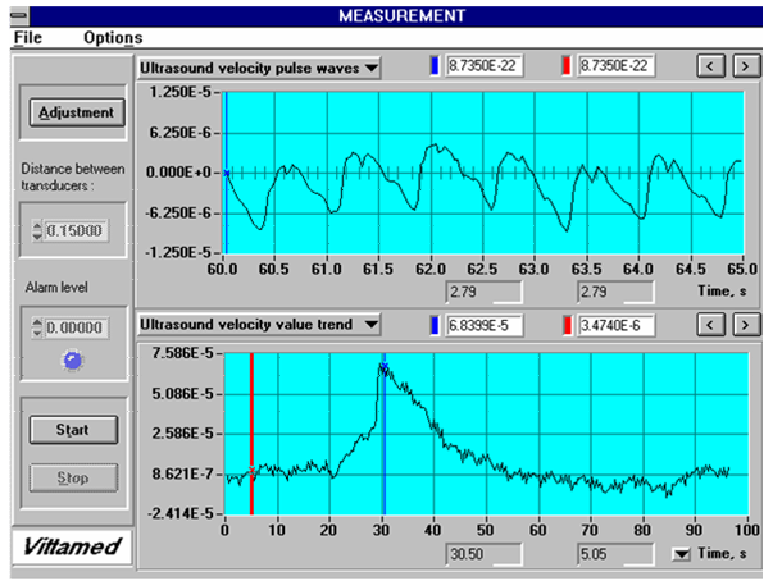
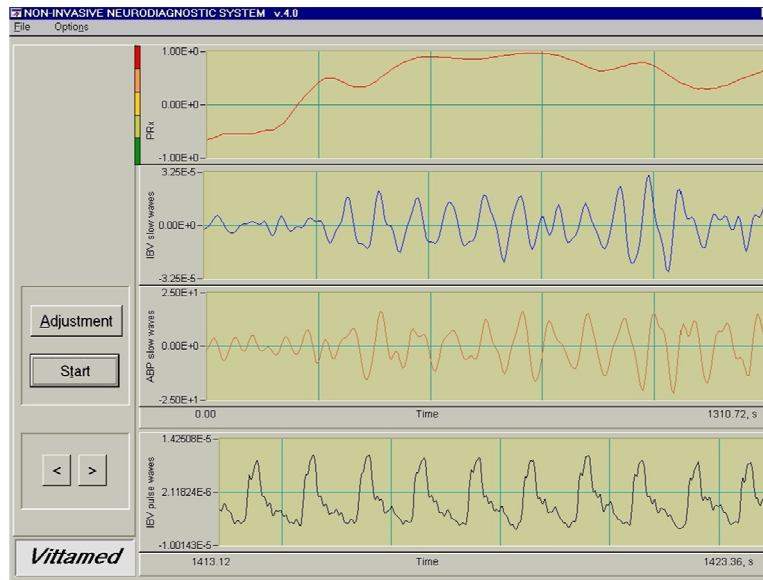


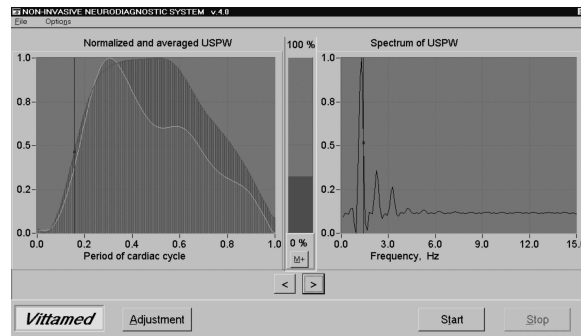
Figure 3



a)

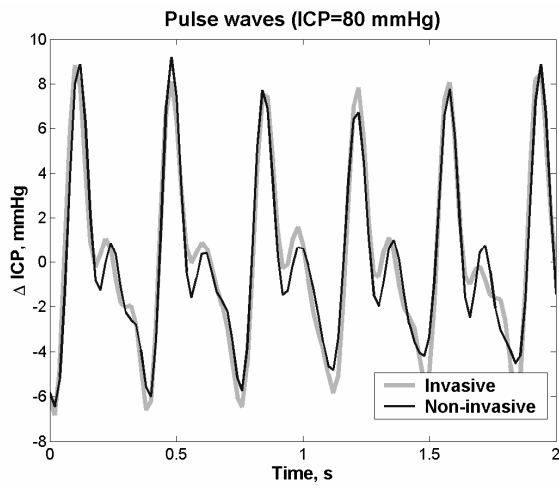


b)

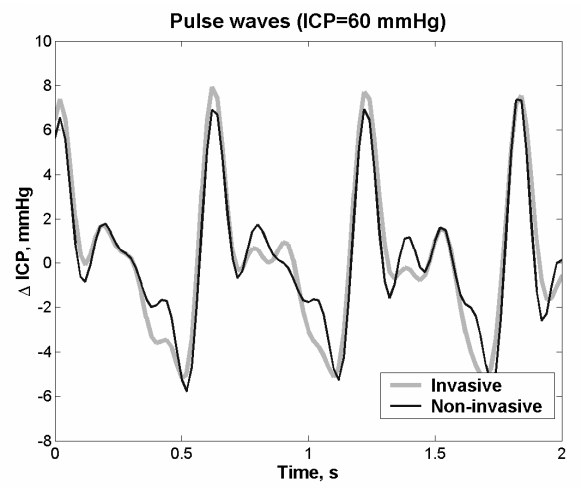


c)

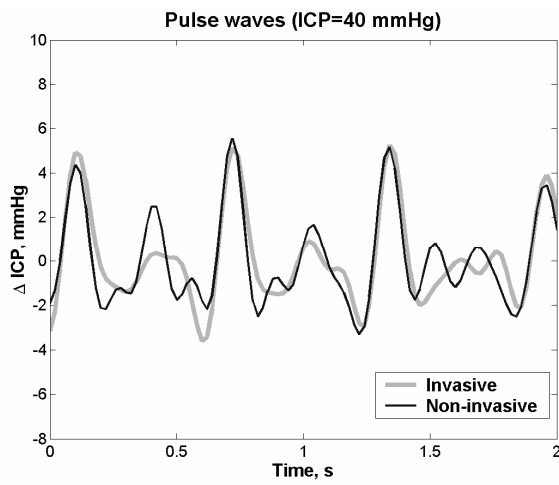
Figure 4



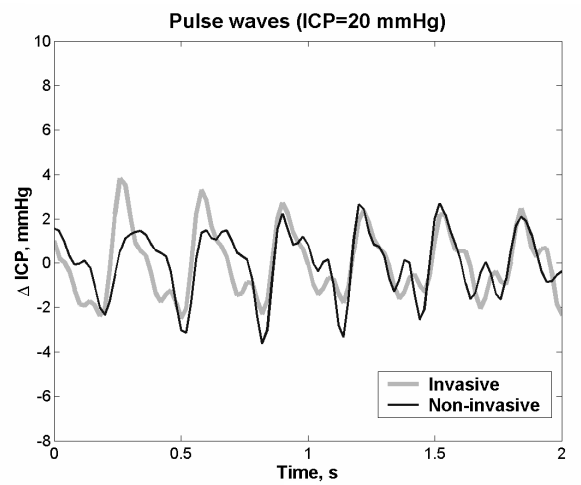
a)



b)

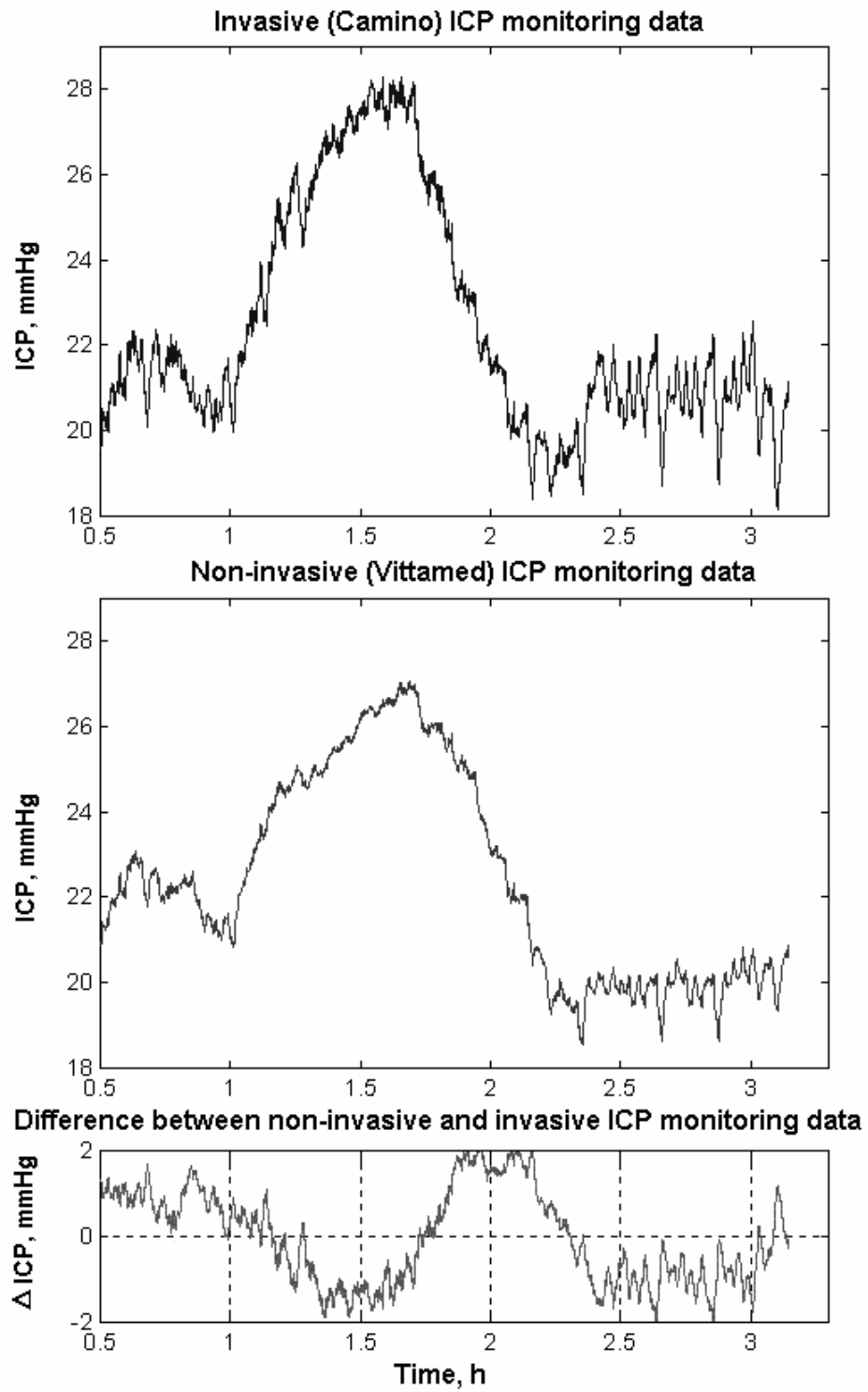


c)



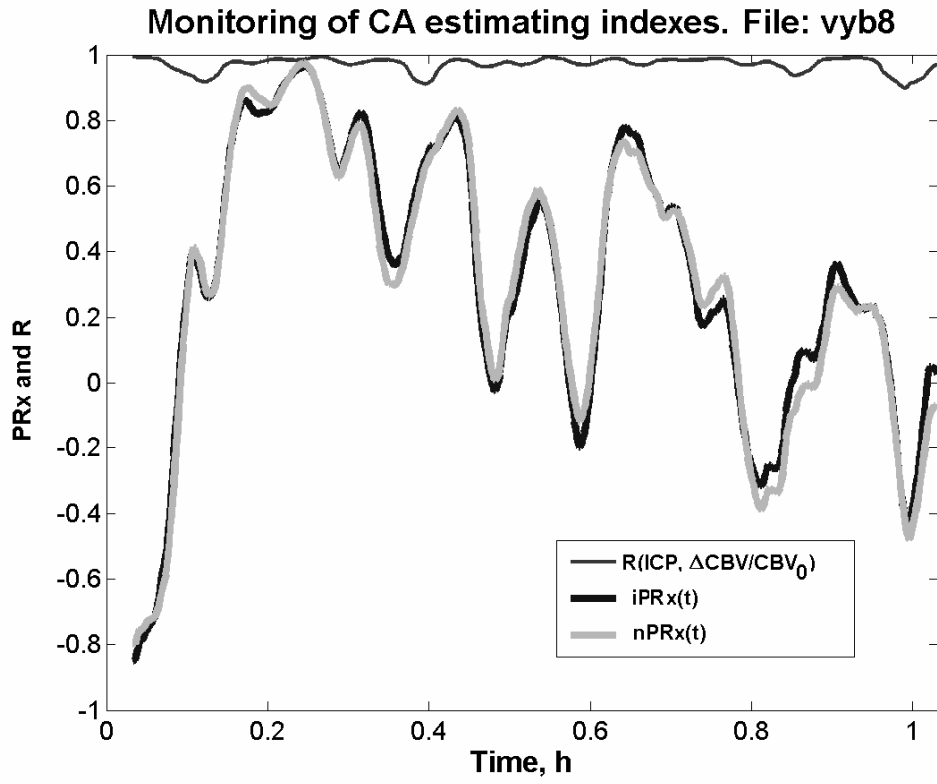
d)

Figure 4



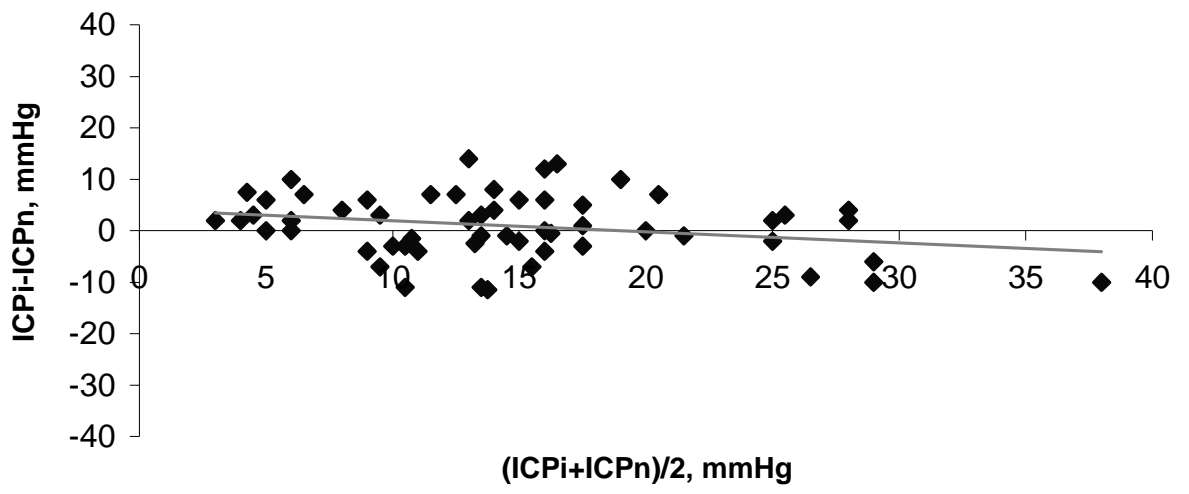
e)

Figure 5



a)

Figure 6



9.4 Programinės įrangos diegimo pažyma