

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

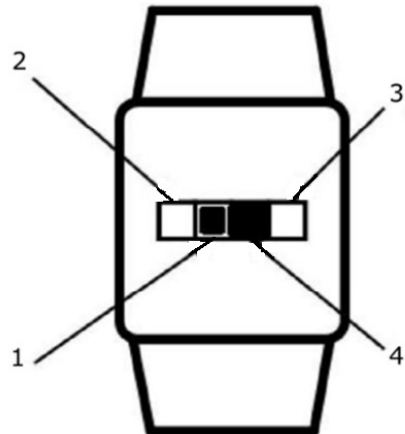
(21) Paraiškos numeris: **2024 529**
(22) Paraiškos padavimo data: **2024-08-22**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2026-02-25**
(45) Patento paskelbimo data: **2026-03-10**

(73) Patento savininkas:
**UAB „TELTONIKA IoT GROUP“,
Ditvos g. 6, 02121 Vilnius, LT**
(72) Išradėjas:
**Martynas OSAUSKAS, LT
Tomas STANAITIS, LT
Dainius MERKŠAITIS, LT
Andrius SOLOŠENKO, LT
Saulius DAUKANTAS, LT
Vaidotas MAROZAS, LT**
(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Indrė BAČĖNIENĖ, Ditvos g. 6, 02121 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:
Kraujo prisotinimo deguonimi nustatymo tikslumo ir patikimumo pagerinimo būdas

(57) Referatas:

Būdas pagerinti kraujo prisotinimo deguonimi įvertinimo tikslumą ir patikimumą, naudojant dėvimą prietaisą, apimantis išankstinį raudonosios, infraraudonosios ir žaliosios šviesos FPG signalų apdorojimą, RED ir IR fotopletizmogramos signalų apdorojimą adaptyviuoju filtru, kurio atraminis signalas lygus vienetui konstantai, taip pat pašalinti likutinį bazinės linijos dreifą, kurio nepavyko pašalinti aukštųjų dažnių filtru, adaptyviuoju filtru padidinti RED ir IR FPG signalų SNR, kur GREEN PPG signalas naudojamas signalo kokybei sekti ir RED ir IR FPG SNR didinti dėl SpO_2 nustatymo kokybės gerinimo, kokybės sekimą, lyginant kiekvieną išskirtą GREEN PPG impulsą su iš anksto nustatytu šablonu, naudojant kryžminę koreliaciją ir atnaujinant šabloną, šablono pritaikymą prie užregistruoto FPG signalo impulso morfologijos pagal vėliau sekančių impulsų kokybę.



1 pav.

TECHNIKOS SRITIS

Šis išradimas yra susijęs su deguonies kiekio kraujyje vertinimo sritimi, tiksliau – su kraujo prisotinimo deguonimi vertinimo tikslumo pagerinimo būdu.

TECHNIKOS LYGIS

SpO₂ monitorius rodo deguonies prisotinto kraujo, tekančio periferiniais kapiliarais, procentinės dalies pokytį, palyginti su bendru hemoglobino kiekiu kraujyje bėgant laikui.

Tradicionis SpO₂ vertinimas pagrįstas raudonos šviesos (santrumpa – RED) ir infraraudonųjų spindulių (santrumpa – IR) fotopletizmografijos (santrumpa – PPG) signalais, užfiksuotais piršto srityje, naudojant perdavimo fotopletizmografiją.

Išmatuotąsias prisotinimo deguonimi vertes galima naudoti nustatant ar vartotojo kraujas yra prisotintas deguonimi, ar ne. Deguonimi prisotintas kraujas sugeria mažiau raudonos šviesos, todėl didesnė raudonos šviesos dalis yra atspindima. Ir atvirkščiai - jeigu kraujas mažiau prisotintas deguonimi, jis sugeria mažiau infraraudonųjų spindulių, todėl elektrinis signalas, gaunamas kaip atsakas į infraraudonąją šviesą, yra stipresnis.

RED ir IR PPG signalų, registruojamų piršto srityje, amplitudė paprastai būna didesnė, kaip ir jų signalo ir triukšmo santykis (santrumpa – SNR), lyginant su RED ir IR PPG signalais, kurie registruojami riešo srityje. Nepaisant to, dėl vieno ar kelių veiksnių (įskaitant santykinai mažą kapiliarų tankį vartotojų riešuose, mažos perfuzijos atvejus dėl žemos temperatūros ir pan.), atitinkamas elektrinis signalas gali būti silpnesnis už tikslumo ribinę vertę.

Žalio PPG signalo SNR paprastai būna didesnis lyginant su RED ir IR PPG signalais, jis dažniausia registruojamas riešo srityje. Elektrinių signalų, atspindinčių kraujo prisotinimo deguonimi lygį, tikslumui padidinti nešiojamasis skaičiavimo prietaisas gali rinkti raudonosios, žaliosios ir infraraudonosios šviesos signalų duomenis.

JAV patente Nr. US10568525B1 aprašytas daugiadiapazonės pulso oksimetrijos būdas. Būdas apima vieno ar daugiau PPG signalų, skirtų SpO₂ nustatyti, gavimą iš vieno ar daugiau PPG jutiklių; vieno ar daugiau PPG signalų, atspindinčių

širdies ritmą, gavimą iš vieno ar daugiau PPG jutiklių; vieno ar daugiau PPG signalų naudojimą SpO_2 nustatyti, vieno ar daugiau SpO_2 duomenų rinkinių formavimą, kur SpO_2 duomenų rinkiniai atitinkamai apima vieną ar daugiau triukšmo dedamųjų; vienos ar daugiau triukšmo dedamųjų, kurios neatitinka vieno ar daugiau PPG signalų, atspindinčių širdies ritmą, savybės, pašalinimą iš vieno ar daugiau SpO_2 duomenų rinkinių, kad būtų sukurtas vienas ar daugiau filtruotų SpO_2 duomenų rinkinių, ir vieno ar daugiau filtruotų SpO_2 duomenų rinkinių naudojimą SpO_2 sukurti ir įrašyti.

Šiuo išradimu išsprendžiama ankstesnio techninio sprendimo tam tikro ribotumo problema, ypač PPG signalų tikslumo ir patikimumo gerinimo požiūriu.

IŠRADIMO ESME

Išradimo esmė – padidinti naudotojo kraujo prisotinimo deguonimi nustatymo tikslumą, kur taikant šį būdą, deguonies lygio įvertinimo duomenys generuojami nešiojamu skaičiavimo prietaisu, kurį naudotojas nešioja ant riešo.

Pažangesnio išradimo atveju naudojamas ne tradicinis prisotinimo deguonimi (santrumpa – SpO_2) nustatymo pagal piršto PPG signalus būdas, o SpO_2 nustatymo pagal riešo PPG signalus būdas.

Nuo piršto registruojamos RED ir IR fotopletizmografijos paprastai būna geros kokybės ir aukštos amplitudės (didelio signalo ir triukšmo santykio), lyginant su RED ir IR signalais, registruojamais riešo srityje. Nustatyti SpO_2 pagal riešo raudonos ir infraraudonosios bangos ilgio PPG yra sudėtinga dėl mažos kraujo perfuzijos ir arterinio bei veninio kraujo maišymosi šviesos kelyje. Siekiant pagerinti riešo srityje įrašytų RED ir IR FPG signalų kokybę, signalai apdorojami naudojant adaptyvųjį filtrą.

Pagal SpO_2 nustatymo algoritmą, geresnės už RED ir IR fotopletizmografijos signalus kokybės FPG signalas siunčiamas į pagalbinio signalo įėjimą. Žalias (santrumpa – GREEN) fotopletizmografijos signalas yra geros kokybės, palyginti su RED ir IR signalais, užfiksuotais riešo srityje. GREEN signalas siunčiamas į pagalbinio signalo įėjimą. Naudojant šį apdorojimo būdą, galima pagerinti RED ir IR fotopletizmografijos signalų kokybę. Po apdorojimo, naudojant adaptyvųjį filtrą aukštadažniam triukšmui pašalinti iš RED ir IR fotopletizmografijos signalų, panaudojamas paprastas skaitmeninis aukštųjų dažnių filtras. Pašalinus aukštadažnį triukšmą, RED ir IR fotopletizmografijos signalai iš naujo apdorojami, naudojant

adaptyvųjį filtrą, tačiau dabar iš šių signalų išskiriama nuolatinės srovės dedamoji (santrumpa – DC). Išskyrus nuolatinės srovės dedamąją, RED ir IR fotopletizmografijos signalai apdorojami, naudojant aukštųjų dažnių filtrą, kuris pašalina žemo dažnio dedamąsias, tokias kaip bazinės linijos poslinkis nuo RED ir IR fotopletizmografijos signalų. Apdorojus RED ir IR FPG signalus aukštųjų dažnių filtru, šie signalai vėl apdorojami, naudojant adaptyvųjį filtrą, kurio atskaitos signalas lygus vieneto konstantai. Taip panaikinamas bazinės linijos poslinkis, kurio negalima panaikinti, naudojant aukštųjų dažnių filtrą.

Bazinės linijos poslinkis panaikinamas naudojant normalizuotų mažiausių vidutinių kvadratų (santrumpa – NLMS) adaptyvųjį filtrą, kur poslinkio įvesties vertė lygi 1. RED ir IR signalų kokybė nėra tiesiogiai vertinama, nes kokybės indeksas vertinamas, naudojant tik GREEN signalą. Be to, tiek RED, tiek IR signalų kokybė gerinama, naudojant NLMS adaptyvųjį filtrą, tačiau šiuo atveju GREEN signalas (dažniausiai geresnės kokybės) yra įvedamas kaip pagalbinis.

TRUMPAS BRĖŽINIŲ APRAŠYMAS

Šio išradimo unikalūs ir išrasti aspektai išsamiai aprašyti pridėtoje apibrėžtyje. Nepaisant to, patį išradimą galima geriau suprasti, perskaičius toliau pateiktą išsamų išradimo aprašymą, kuriame aprašyti išradimo įgyvendinimo pavyzdžiai, naudojant neapibrėžtinius išradimo įgyvendinimo pavyzdžius kartu su pridėtais brėžiniais, kur:

1 pav. pavaizduotas nešiojamas skaičiavimo prietaisas.

2 pav. pavaizduotas algoritmas, kuris naudojamas būdo pagal išradimą etapams įgyvendinti.

3 pav. pavaizduota SpO_2 nustatymo algoritmo struktūrinė schema. RED ir IR PPG signalų segmentai, apdoroti adaptyviuoju filtru, naudojant GREEN PPG signalą kaip atskaitos tašką.

4 a, b pav. pateikti 8 sekundžių trukmės PPG segmentai prieš apdorojimą ir po jo. RED ir IR PPG signalų segmentai, apdoroti adaptyviuoju filtru, naudojant GREEN PPG signalą kaip atskaitos tašką.

IŠSAMUS IŠRADIMO APRAŠYMAS

Išradimo įgyvendinimui apibūdinti vartojamos šios sąvokos:

- PPG – fotopletizmografija.
- LED – šviesos diodas.
- SNR – signalo ir triukšmo santykis.

Būdo pagal išradimą etapai yra įgyvendinami asmeniniame nešiojamame skaičiavimo prietaise, tokiaime kaip ant riešo nešiojamame prietaise, pavyzdžiui, rankiniame laikrodyje.

Nešiojamasis skaičiavimo prietaisas apima bent vieną raudonos šviesos bangos ilgio diodą (1), bent vieną infraraudonosios šviesos bangos ilgio diodą (2) ir bent vieną žalios šviesos bangos ilgio diodą (3), skirtą šviesai skleisti link naudotojo odos. Diodai yra šviesos diodai (LED). Šviesos diodai valdomi taip, kad atsižvelgiant į jų konfigūraciją, priklausomai nuo įtampos, skleistų tam tikro bangos ilgio šviesą.

Diodai (1, 2, 3) yra nešiojamojo skaičiavimo prietaiso galinėje pusėje, nukreiptoje į naudotojo odą. Nešiojamasis skaičiavimo prietaisas taip pat apima bent vieną fotodetektorių (4), pavyzdžiui, fotodiodą, skirtą nuo vartotojo odos atspindėjusios šviesos intensyvumui matuoti ir atitinkamam elektriniam signalui generuoti. Fotodetektorius (4) taip pat yra nešiojamojo skaičiavimo prietaiso galinėje pusėje, nukreiptoje į naudotojo odą.

Fotodetektorius (4) – tai fotodiodas arba kitas šviesos jutiklis, galintis generuoti elektros signalą, kuris atspindi aptiktą vieno ar daugiau bangos ilgių šviesą. Nešiojamasis skaičiavimo prietaisas taip pat apima universalųjį procesorių, programinę aparatinę įrangą ir (arba) programinę įrangą, valdančią universalųjį procesorių, atmintį. Nešiojamojo skaičiavimo prietaiso programinis kodas yra įrašytas nešiojamojo skaičiavimo prietaiso duomenų kaupiklyje, įkeliamas į atmintį arba nešiojamąjį skaičiavimo prietaisą. Programinį kodą vykdo universalusis procesorius. Nešiojamasis skaičiavimo prietaisas kaip įvesties duomenis naudoja žaliosios šviesos, raudonosios šviesos ir infraraudonosios šviesos fotopletizmografijos duomenis. Nešiojamasis skaičiavimo prietaisas taip pat apima komponentus, kuriuos naudojant nešiojamasis skaičiavimo prietaisas geba matuoti naudotojo kraujo prisotinimo deguonimi lygį.

Duomenų bazės ir programos gali būti įdiegtos vienoje sistemoje arba

paskirstytos keliose sistemose. Paskirstytieji komponentai gali veikti nuosekliai arba lygiagrečiai.

Nuo naudotojo odos atsispindėjusi šviesa aptinkama fotodetektoriumi (4). Fotodetektorius (4) nustato tam tikrus esamus bangos ilgius ir šviesos intensyvumą kiekviename iš esamų bangos ilgių. Fotodetektorius (4) aptiktą šviesą paverčia elektros signalais. Fotodetektorius (4) vienu metu renka visų trijų bangos ilgių duomenis ir panaudojus signalų apdorojimą išskiria skirtingus signalus, susijusius su skirtingais bangos ilgiais. Priešingu atveju, kiekvienas šviesos diodas trumpam įjungiamas iš eilės, o gautas signalas iš to laikotarpio susiejamas su tam tikru šviesos diodu.

Žaliosios šviesos PPG signalas iš anksto apdorojamas, pašalinant aukšto dažnio triukšmą žemųjų dažnių filtru, kurio ribinis dažnis 6 Hz, ir pašalinant bazinės linijos klaidžiojimą aukštųjų dažnių filtru, kurio ribinis dažnis 0,5 Hz. Pašalinus aukšto ir žemo dažnio triukšmus, GREEN fotopletizmografijos signalas apdorojamas adaptyvioju filtru, kurio atskaitos įvestis lygi vieneto konstantai. Tokiu būdu dar labiau susilpnėja likęs bazinės linijos klaidžiojimas.

Po to, žemųjų dažnių filtru apdorotas GREEN PPG signalas naudojamas kaip adaptyviojo filtro atskaitos įvestis RED ir IR PPG signalų sustiprinimui. Sustiprinti RED ir IR PPG signalai iš anksto apdorojami žemųjų dažnių filtrais ir perduodami į adaptyviojo filtro įėjimą su vieneto konstantos atskaitos įvestimi, taip išskiriant nuolatinės srovės dedamąją. Žemųjų dažnių filtru apdoroti RED ir IR signalai vėl iš anksto apdorojami, naudojant aukštųjų dažnių filtrus, ir perduodami į adaptyvųjį filtrą su vieneto konstantos įvestimi, kintamosios srovės dedamajai išskirti.

Pašalinus aukštadažnį triukšmą, RED ir IR fotopletizmografijos signalai iš naujo apdorojami, naudojant adaptyvųjį filtrą. Iš šių signalų išskiriama nuolatinės srovės dedamoji. Išskyrus nuolatinės srovės dedamąją, RED ir IR fotopletizmografijos signalai apdorojami naudojant aukštųjų dažnių filtrą, kuris pašalina žemo dažnio dedamąsias, tokias kaip bazinės linijos poslinkis nuo RED ir IR fotopletizmografijos signalų. Apdorojus RED ir IR PPG signalus aukšto dažnio filtru, šie signalai vėl apdorojami naudojant adaptyvųjį filtrą, kurio atskaitos signalas lygus vieneto konstantai. Taip panaikinamas bazinės linijos poslinkis, kurio negalima panaikinti, naudojant aukštųjų dažnių filtrą.

Išskirtų RED ir IR PPG signalų kintamosios srovės ir nuolatinės srovės dalių segmentavimas atliekamas pagal GREEN PPG signale aptiktą smailę. Tai daroma naudojant smailės aptikimo algoritmą, kuris identifikuoja GREEN signalo taškus, kuriuose atsiranda vietiniai maksimumai. Kai GREEN signale aptinkamos smailės, šie taškai naudojami RED ir IR signalams segmentuoti. Kiekviena aptikta GREEN signalo smailė žymi RED ir IR signalų PPG impulso segmento pradžią ir pabaigą. Iš esmės, laiko intervalai tarp nuoseklių GREEN signalo smailių yra naudojami RED ir IR signalų PPG impulsams apibrėžti.

Programinė įranga, esanti nešiojamajame skaičiavimo prietaise, realiuoju laiku apdoroja nuolat gautus PPG. Po to padidinamas RED ir IR PPG signalų, užregistruotų iš riešo srities, SNR, naudojant adaptyvųjį filtravimą.

GREEN PPG signalas naudojamas signalo kokybei sekti ir padidinti RED bei IR PPG signalų SNR. Tokiu būdu yra padidinamas SpO_2 nustatymo iš riešo srities tikslumas. SpO_2 nustatymo algoritmo struktūrinė schema pateikta 3 pav.

Sustiprinimo etapas apima GREEN PPG signalo, kurio SNR yra didesnis, perdavimą į adaptyviojo filtro jėjimą. Po tokio pirminio apdorojimo gaunami RED ir IR PPG signalai, kurių SNR yra didesnis, lyginant su iš pradžių užregistruotais RED ir IR PPG signalais.

8 sekundžių trukmės PPG segmentai prieš apdorojimą ir po jo pateikti 4 pav. Beveik visais aprašytais atvejais, iš riešo srities užregistruotų RED ir IR PPG signalų, SNR yra mažesnis, tačiau naudojant adaptyvųjį filtrą su atskaitos GREEN PPG signalu, visais atvejais gerokai padidinamas RED ir IR PPG signalų SNR.

Naudojant žaliąją šviesą, kurios bangos ilgis maždaug 525 nm, kartu su raudonąja šviesa, kurios bangos ilgis maždaug 660 nm, ir infraraudonąja šviesa, kurios bangos ilgis maždaug 940 nm, adaptyviojo filtravimo būdu pagerinama raudonosios šviesos ir infraraudonosios šviesos PPG signalų kokybė, ypač esant judesio artefaktams, mažai perfuzijai arba sudėtingoms aplinkos sąlygoms.

Signalų kokybės stebėseną apima kiekvieno išskirto GREEN PPG impulso palyginimą su iš anksto nustatytu šablonu, naudojant imties kryžminę koreliaciją ir šablono atnaujinimą bei šablono pritaikymą prie užregistruotos PPG signalo impulsų formos, priklausomai nuo vėlesnių impulsų kokybės.

Pagal išradimo algoritmą ir kaip pavaizduota 2 pav., kai algoritmas pradeda

veikti, šablonas yra fiksuotas ir yra tipiško PPG signalo impulso pavidalo. Po to šablonas lyginamas su impulsais, išskirtais iš GREEN signalo, kurie išgaunami smailės aptikimo metu. Tada išskirti GREEN impulsai palyginami su šablonu, naudojant koreliaciją. Jei, pavyzdžiui, koreliacija yra ne mažesnė nei 0,7, toks impulsas laikomas geros kokybės impulsu ir toliau analizuojamas. Šablonų atnaujinimas atliekamas taikant griežtesnes taisykles. Pavyzdžiui, koreliacija turi būti ne mažesnė nei 0,95, o delsa ne didesnė kaip 0,05 s. Jei sąlygos vėl netenkinamos, vėl naudojamas pradinis šablonas.

Kokybė vertinama apskaičiuojant koreliaciją tarp skleidžiamų impulsų ir GREEN signalo, t. y. naudojant imties koreliacijos koeficientą yra lyginami skleidžiami PPG impulsai su šablonu ir užtikrinama, kad priimtinais būtų laikomi tik impulsai, kurių koreliacija su šablonu yra pakankama, pavyzdžiui, 0,7. Šis gautas signalo kokybės indeksas, kurio vertė gali būti 1 arba 0, kur 1 yra gera kokybė, o 0 – bloga kokybė, toliau naudojamas apskaičiuojant SpO_2 . SpO_2 yra apskaičiuojamas pagal formulę [1] naudojant tik pakankamai kokybiškų impulsų, pavyzdžiui, tų, kurių koreliacijos vertė didesnė nei 0,7, savybes:

$$R = \frac{\frac{AC_R}{DC_R}}{\frac{AC_{IR}}{DC_{IR}}} [1]$$

kur

R – RED FPG signalo kintamos ir nuolatinės dedamųjų santykio bei IR FPG signalo kintamos ir nuolatinės dedamųjų santykio santykis,

AC_R ir AC_{IR} - kintamos raudonųjų ir infraraudonųjų FPG signalų dedamosios,

DC_R ir DC_{IR} - nekintamos raudonųjų ir infraraudonųjų FPG signalų dedamosios, o std – standartinė paklaida.

Neinvazinis SpO_2 nustatymas pagrįstas skirtingomis kraujo savybėmis absorbuoti skirtingų bangos ilgių / spalvų šviesą. Deguonimi prisotintas kraujas absorbuoja daugiau IR šviesos, o mažiau deguonimi prisotintas kraujas absorbuoja

daugiau RED šviesos. Paprastai SpO_2 nustatyti naudojama IR ir RED šviesa, kadangi jos absorbcija labiausiai skiriasi, palyginti su kitų spalvų šviesa. Šis skirtumas apskaičiuojamas pagal sąryšio santykį.

Papildoma priemonė, kurią naudojant sumažinami rezultatų skirtumai yra eksponentinių tendencijų filtras. Jis apdoroja raudonųjų ir infraraudonųjų FPG signalų kintamosios srovės ir nuolatinės srovės dedamąsias. Tendencijų filtras teikia galimybę išskirti bendrą signalo tendenciją, išvengiant staigių signalo pokyčių. Kai kurios anomalijos taip pat pašalinamos naudojant medianinį filtrą, pavyzdžiui, 3 eilės medianinį filtrą.

Apskaičiuojamas kiekvieno išskirto impulso kintamosios srovės ir nuolatinės srovės santykis. Impulsų amplitudė ir forma kinta, pavyzdžiui, dėl širdies susitraukimų dažnio, kvėpavimo, judėjimo ir t. t.. Apskaičiuojant kintamosios srovės ir nuolatinės srovės santykį, nebus rodomas sklandus SpO_2 kitimas. Norint to išvengti naudojant eksponentinius filtras, apskaičiuojama paprasta pokyčio tendencija. Anomalijoms šalinti taip pat praverčia medianinis filtras, kuris, pavyzdžiui, jei sąryšio sekoje yra anomalija (didesnis santykis, palyginti su gretimais santykiais), tą santykį pakeičia mediana.

Jei kintamosios srovės ir nuolatinės srovės santykis didesnis, vadinasi, yra stiprus pulsuojantis signalas bazinės linijos atžvilgiu – nuolatinės srovės dedamoji. Paprastai tai geras ženklas, nes jis reiškia aiškų kraujo tūrio pokyčių aptikimą su kiekvienu širdies susitraukimu.

Jei kintamosios srovės / nuolatinės srovės santykis mažesnis, vadinasi, pulsuojantis signalas yra silpnesnis, palyginti su bazine linija – taip gali nutikti dėl silpnos perfuzijos, triukšmo ar kitų veiksnių.

R ir SpO_2 santykis: kai RED signalo kintamosios srovės ir nuolatinės srovės santykis didesnis, palyginus su IR signalu, prisotinimo deguonimi lygis yra didesnis, nes oksihemoglobinas absorbuoja daugiau infraraudonosios šviesos ir mažiau raudonosios šviesos. Ir atvirkščiai, jei IR signalo kintamosios srovės ir nuolatinės srovės santykis, palyginus su RED signalu, yra didesnis, prisotinimo deguonimi lygis yra mažesnis.

Čia aprašytas pageidautinas įgyvendinimo variantas, tačiau svarbu pabrėžti, kad šiuos įgyvendinimo variantus galima modifikuoti, nenukrypstant nuo išradimo

apimties, kaip nurodyta apibrėžtyje. Pavyzdžiui, seka, kuria vykdomi būdo etapai, gali būti pakeista alternatyviuose įgyvendinimo variantuose, o tam tikri būdo etapai gali būti visiškai praleisti kituose alternatyviuose įgyvendinimo variantuose. Pasirinktiniai elementai, paminėti prietaiso ir sistemos įgyvendinimo variantuose, kai kuriuose variantuose gali būti, o kituose – nebūti.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Būdas pagerinti kraujo prisotinimo deguonimi nustatymo tikslumą ir patikimumą, naudojant nešiojamąjį skaičiavimo prietaisą, kuris apima bent vieną raudonos šviesos bangos ilgio diodą (1), bent vieną infraraudonosios šviesos bangos ilgio diodą (2) ir bent vieną žalios šviesos bangos ilgio diodą (3) šviesai skleisti į vartotojo odą ir bent vieną fotodetektorių (4), skirtą nuo vartotojo odos atspindėtos šviesos intensyvumui matuoti bei atitinkamam elektros signalui generuoti, universalųjį procesorių, programinę aparatinę įrangą ir (arba) programinę įrangą, valdančią universalųjį procesorių, atmintį, kur nešiojamojo skaičiavimo prietaiso programinis kodas yra įrašytas nešiojamojo skaičiavimo prietaiso duomenų kaupiklyje, kur nešiojamasis skaičiavimo prietaisas kaip įvesties duomenis naudoja žaliosios šviesos, raudonosios šviesos ir infraraudonosios šviesos fotopletizmografijos duomenis kur būdas apima žaliosios šviesos, raudonosios šviesos ir infraraudonosios šviesos fotopletizmografijos duomenų, kaip įvesties duomenų, naudojimą ir naudotojo kraujo prisotinimo deguonimi lygio nustatymą,

b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad

GREEN PPG signalas iš anksto apdorojamas, pašalinant aukšto dažnio triukšmą žemųjų dažnių filtru, kurio ribinis dažnis 6 Hz, ir pašalinant bazinės linijos klaidžiojimą aukštųjų dažnių filtru, kurio ribinis dažnis 0,5 Hz, bei adaptyvųjį filtrą, kurio atskaitos įvestis lygi vieneto konstantai, likusiam bazinės linijos klaidžiojimui papildomai šalinti,

RED ir IR fotopletizmografijos signalai apdorojami, naudojant adaptyvųjį filtrą su žemųjų dažnių filtru apdorotu GREEN signalu, kaip atskaitos tašku RED ir IR fotopletizmografijos signalams SNR stiprinti,

po RED ir IR SNR padidinimo PPG signalai iš anksto apdorojami, naudojant žemųjų dažnių filtrus, kad būtų pašalintas aukštadažnis triukšmas, o RED ir IR fotopletizmografijos signalai apdorojami, naudojant adaptyvųjį filtrą, kurio atskaitos įvestis lygi vieneto konstantai, kur nuolatinės srovės dedamoji išskiriama iš šių signalų,

RED ir IR fotopletizmografijos signalai, apdoroti naudojant žemųjų dažnių filtrą, apdorojami naudojant aukštųjų dažnių filtrą, kuris pašalina bazinės linijos klaidžiojimą iš RED ir IR fotopletizmografijos signalų,

po RED ir IR FPG signalų apdorojimo aukštųjų dažnių filtru šie signalai vėl apdorojami, naudojant adaptyvųjį filtrą, kurio atskaitos signalas lygus vieneto konstantai, tam, kad būtų pašalintas likutinis bazinės linijos klaidžiojimas, kurio negalima pašalinti žemųjų dažnių filtru,

kur išskirtų RED ir IR PPG signalų kintamosios srovės ir nuolatinės srovės dalių segmentavimas atliekamas pagal smailės aptikimą GREEN PPG signale,

naudojamas adaptyvusis filtras RED ir IR PPG signalų SNR padidinti, kur GREEN PPG signalas naudojamas signalo kokybei sekti ir RED bei IR PPG signalų SNR padidinimui,

atliekamas kokybės sekimas, lyginant kiekvieną išskirtą GREEN PPG impulsą su iš anksto nustatytu šablonu, naudojant imties kryžminę koreliaciją ir šablono atnaujinimą bei šablono pritaikymą prie užregistruotos PPG signalo impulsų formos priklausomai nuo vėlesnių impulsų kokybės.

2. Būdas pagal 1 punktą, kur išgautų RED ir IR PPG signalų kintamosios bei nuolatinės srovės dalių segmentavimas atliekamas pagal GREEN PPG signale aptiktą smailę, naudojant smailės aptikimo algoritmą, kuris identifikuoja GREEN signalo taškus, kuriuose atsiranda vietiniai maksimumai, kur aptikus smailę GREEN signale, šie taškai naudojami RED ir IR signalams segmentuoti, kur kiekviena aptikta GREEN signalo smailė žymi RED bei IR signalų PPG impulso segmento pradžią ir pabaigą.

3. Būdas pagal 1 arba 2 punktą, kur stiprinimo etapas apima GREEN PPG signalo su didesniu SNR perdavimą į adaptyviojo filtro atskaitos įvestį, kur po tokio išankstinio apdorojimo gaunami RED ir IR PPG signalai, kurių SNR didesnis, nei anksčiau užregistruotų RED ir IR PPG signalų.

4. Būdas pagal bet kurį ankstesnį punktą, kur šablonas yra fiksuotas, yra tipiško PPG signalo impulso pavidalo, šablonas lyginamas su impulsais, išskirtais iš GREEN signalo, kurie išskiriami smailės aptikimo metu, kur išskirti GREEN impulsai po to palyginami su šablonu, naudojant koreliaciją ir atnaujinant šabloną.

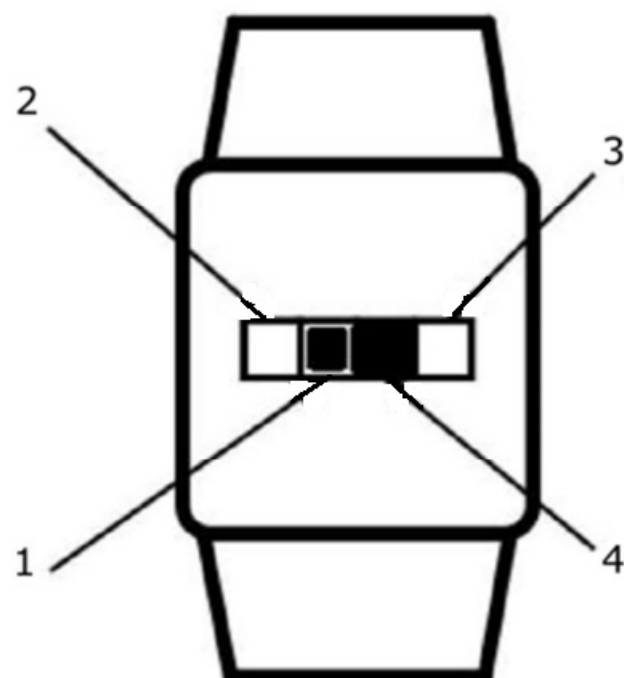
5. Būdas pagal bet kurį pirmesnį punktą, kur kokybė vertinama, apskaičiuojant koreliaciją tarp skleidžiamų impulsų ir GREEN signalo, naudojant imties koreliacijos koeficientą, lyginant su šablonu skleidžiamus PPG impulsus, užtikrinant, kad priimtinais būtų laikomi tik impulsai, kurių koreliacija yra pakankama,

kur šis gautas signalo kokybės indeksas, kurio vertės gali būti dvi – 1 arba 0, toliau naudojamas apskaičiuojant SpO_2 : SpO_2 apskaičiuoti pagal [1] formulę naudojamos tik pakankamai kokybiškų impulsų, kurių koreliacijos vertė didesnė nei 0,7, savybės,

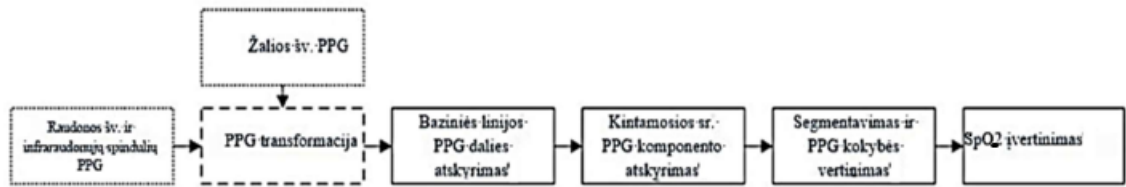
$$R = \frac{\frac{AC_R}{DC_R}}{\frac{AC_{IR}}{DC_{IR}}} [1]$$

kur R – RED FPG signalo kintamos ir nuolatinės dedamųjų santykio bei IR FPG signalo kintamos ir nuolatinės dedamųjų santykio santykis, AC_R ir AC_{IR} - kintamos raudonųjų ir infraraudonųjų FPG signalų dedamosios, DC_R ir DC_{IR} - nekintamos raudonųjų ir infraraudonųjų FPG signalų dedamosios.

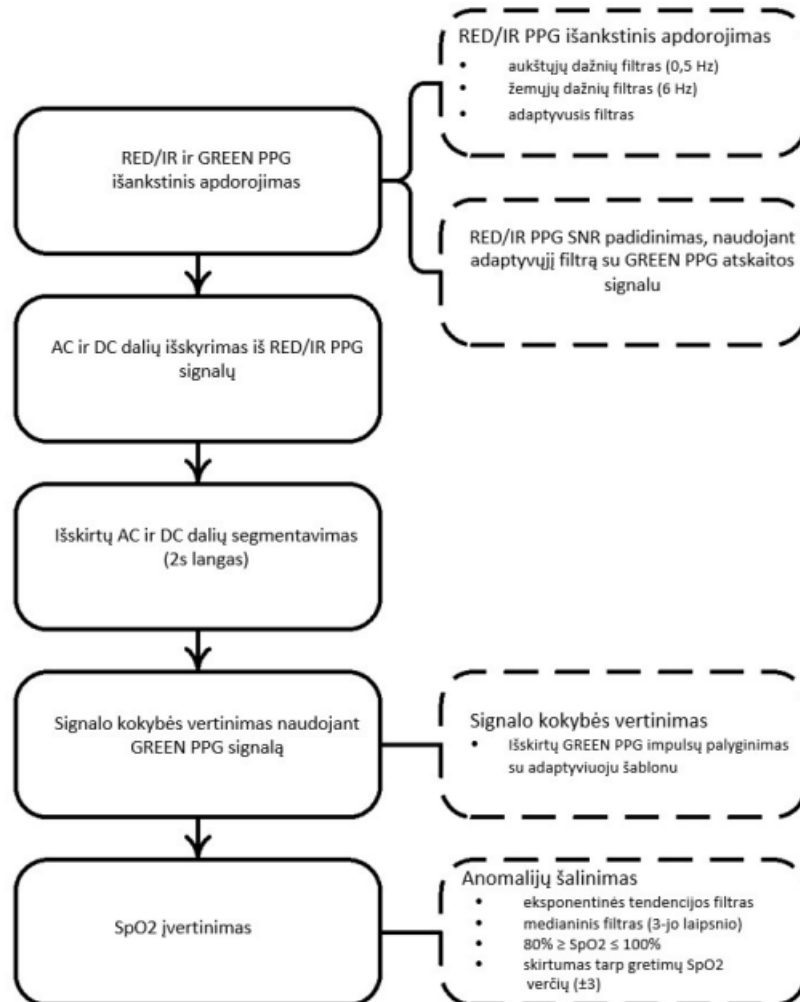
6. Būdas pagal bet kurį ankstesnį punktą, papildomai apimantis eksponentinių tendencijų filtro naudojimą, skirtą raudonųjų bei infraraudonųjų FPG signalų kintamosios ir nuolatinės srovės santykiams apdoroti signalo bendrajai tendencijai izoliuoti, išvengiant staigių signalo pokyčių.



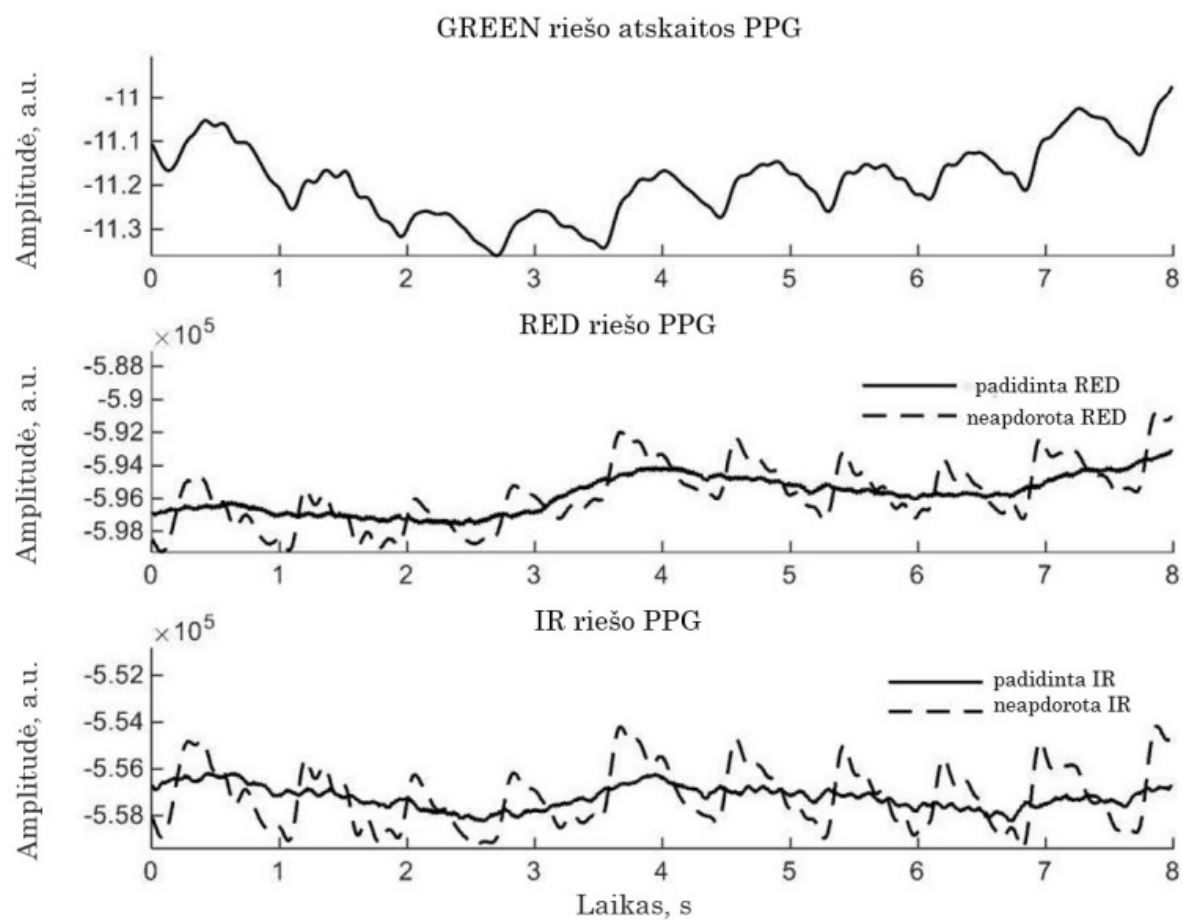
1 pav.



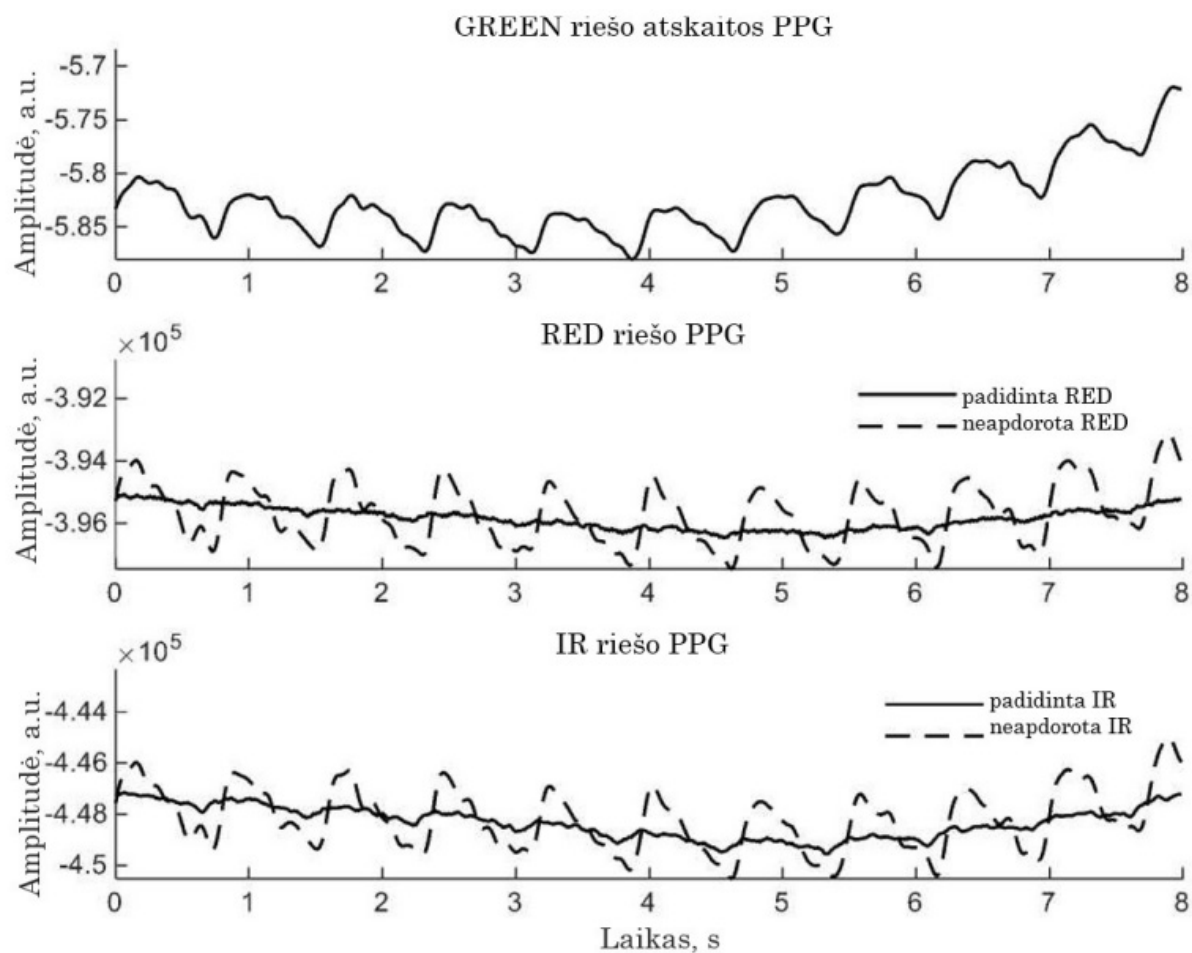
2 pav.



3 pav.



a)



b)

4 pav.