



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2021 00448**

(22) Data de depozit: **30/07/2021**

(41) Data publicării cererii:
30/01/2023 BOPI nr. **1/2023**

(71) Solicitant:
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI, STR. PROF. DR. DOC.
DIMITRIE MANGERON NR. 67, IAȘI, IS, RO**

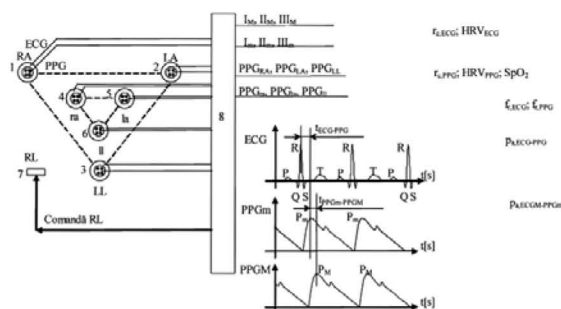
(72) Inventatori:
• **DAVID VALERIU,
BD.DIMITRIE CANTEMIR NR.3, BL.P 4,
SC.B, AP.10, IAȘI, IS, RO;**
• **PODARU ALEXANDRU-CONSTANTIN,
STR.AVIATORILOR, NR.12, AP.1,
SAT LUNCA CETĂȚUII, COMUNA CIUREA,
IS, RO**

(54) **METODĂ DE DETERMINARE A UNOR PARAMETRI
BIOMEDICALI DIN SEMNALELE ELECTROCARDIOGRAFICE
ȘI FOTOPLETISMOGRAFICE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de determinare a unor parametri biomedicali din semnalele electrocardiografice și fotopletismografice. Metoda, conform invenției, constă în plasarea pe corpul pacientului, într-o manieră simetrică, integrală și standardizată, a șase dispozitive identice de culegere a semnalelor ECG și PPG (1-6), realizarea unor culegeri, analize și fuziuni de date de tip competitiv pentru eliminarea artefactelor și obținerea formelor de undă ECG, a formelor de undă PPG și a parametrilor specifici acestor două semnale, determinarea suplimentară a frecvenței respiratorii pe baza modulării de către respirație a semnalelor ECG și PPG înregistrate în mai multe puncte și determinarea presiunii arteriale prin măsurarea timpilor de tranziție între semnalele ECG și PPG și a timpilor de întârziere între semnalele PPG înregistrate în diverse puncte.

Revendicări: 1
Figuri: 1



Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



METODĂ DE DETERMINARE A UNOR PARAMETRI BIOMEDICALI DIN SEMNALELE ELECTROCARDIOGRAFICE ȘI FOTOPLETISMOGRAFICE

Invenția se referă la o metodă de culegere sincronă, prelucrare și analiză a semnalului electrocardiografic (ECG) și fotopletismografic (PPG), care permite atât eliminarea artefactelor în vederea monitorizării continue a parametrilor specifici acestor două semnale, cât și a altor parametri biomedicali, precum presiunea arterială și frecvența respiratorie, a căror determinare tradițională presupune senzori și înregistrări suplimentare, metoda propusă fiind adecvată monitorizării „in situ” pe durate mari, cu dispozitive portabile.

Datorită necesității determinării în condiții reale și pe termen lung a unor parametri biomedicali se realizează înregistrări „in situ” ale semnalelor biomedicale, prin utilizarea unor dispozitive ce sunt purtate de către subiecții investigați. Suplimentar, monitorizările cu dispozitive portabile prezintă diverse aplicații în telemedicină, în asistarea persoanelor în mediul lor de viață, având multiple avantaje, precum extinderea accesului la servicii medicale, evitarea costurilor și disconfortului internărilor.

Chiar dacă *măsurările „in situ”* sunt uneori absolut necesare și au un grad de reprezentativitate mai înalt decât *măsurările în medii controlate*, totuși ele sunt mult mai dificil de realizat datorită constrângerilor date de comoditatea și mobilitatea persoanei ce poartă dispozitivele, fapt ce afectează calitatea semnalelor înregistrate și astfel corectitudinea informațiilor obținute.

Deși există multiple preocupări pentru realizarea măsurărilor ”in situ”, iar numărul și diversitatea dispozitivelor portabile crește exponențial, principalele provocări sunt cele referitoare la:

- constrângerile date de *comoditatea pacientului*, ce presupune dimensiuni și greutate mici, flexibilitate/adaptabilitate, consum energetic redus, număr mic de dispozitive și semnale înregistrate pentru determinarea a cât mai multor parametri biomedicali;
- eliminarea artefactelor, datorate mișcării și variabilității spațiale și temporale a parametrilor de mediu, care nu pot fi controlați în diversele medii în care se află persoana cu dispozitivele de monitorizare atașate.

Referitor la primul aspect, date fiind importanța monitorizării continue a presiunii sanguine și inconvenientele determinării ei cu metode tradiționale, bazate pe utilizarea unor manșete, în cazul dispozitivelor portabile există multiple provocări de determinare a presiunii arteriale din înregistrările semnalelor ECG și PPG [1], [2]. Aceste metode existente de determinare suplimentară a presiunii arteriale au inconveniente sau dezavantaje datorate atât

modurilor diverse de determinare și interpretare a timpilor de tranzit între cele două semnale, cât și lipsei unui control sau chiar standardizări a locului de plasare a electrozilor ECG și a senzorilor PPG.

Referitor la al doilea aspect menționat, în cazul dispozitivelor biomedicale purtabile există metode de eliminare a artefactelor datorate mișcărilor subiectului investigat, dar acestea presupun utilizarea unor senzori sau dispozitive suplimentare, cum ar fi senzori de sesizare a mișcărilor care complică și îngreuiază echipamentul de înregistrare purtabil. În plus, de cele mai multe ori eliminarea interferențelor electromagnetice nu este considerată, deși aceste perturbații pot constitui un artefact important, atât datorită sensibilității ridicate a dispozitivelor, cât și datorită variabilității temporale/spațiale și diversității câmpurilor ambientale.

Scopul acestei invenții este ca prin înregistrări „in situ” a doar două semnale (ECG și PPG) să se determine, în condiții de siguranță și corectitudine, un număr cât mai mare de parametri biomedicali.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în determinarea „in situ” a unor parametri biomedicali specifici semnalelor ECG și PPG, dar și parametri suplimentari, cum ar fi presiunea arterială și frecvența respiratorie, precum și în eliminarea artefactele datorate mișcărilor subiectului și variabilității condițiilor sau factorilor de mediu, pe baza înregistrării doar a acestor două semnale.

Metoda de determinare a parametrilor biomedicali, conform invenției, este bazată pe înregistrarea cu dispozitive purtabile doar a semnalului ECG și a semnalului PPG, urmărindu-se două obiective, anume asigurarea confortului pacientului, prin utilizarea unui număr cât mai mic de echipamente, pentru determinarea a cât mai multor parametri biologici, precum și eliminarea artefactelor, obiective ce se realizează prin:

- utilizarea unui singur dispozitiv de culegere pentru ambele semnale EGC și PPG;
- plasarea dispozitivelor de culegere de acest tip pe corpul uman, într-o manieră simetrică, integrală și standardizată;
- culegerea, prelucrarea și analiza semnalelor ECG și PPG, considerând modurile de lucru și de fuziuniune a datelor de tip *competitiv*, *complementar* și *cooperativ*.

Electrodul de culegere a semnalului ECG este de forma unui inel din material conductor, iar senzorul PPG, format dintr-o matrice emisie/recepție cu mai multe lungimi de undă, este poziționat în centrul inelului, formand un singur dispozitiv miniaturizat pentru culegerea ambelor semnale.

Trei astfel de dispozitive sunt amplasate la încheietura mâinii drepte („*Right Arm-RA*”), a mâinii stângi („*Left Arm-LA*”) și a piciorului stâng („*Left Leg-LL*”), în mod identic cu plasarea la derivațiile bipolare standard (triunghiul echilateral Einthoven), ceea ce permite și o comparare/raportare la înregistrările standard, ce se efectuează în mod obișnuit, în medii controlate.

Alte trei astfel de dispozitive se plasează în zona toracelui, lângă umărul drept („*ra*”), lângă umărul stâng („*la*”) și în partea de jos spre abdomen („*ll*”), formând un alt triunghi echivalent, dar cu laturile mai mici decât a celui standard (triunghiul echilateral Einthoven), inima fiind în centru ambelor triunghiuri.

Ca și în cazul înregistrărilor ECG standard, la încheietura piciorului drept („*Right Leg-RL*”) se află un electrod care este comandat de reacția sistem de prelucrare-pacient, în vederea reducerii tensiunii de mod comun pe pacient.

Aceste șase dispozitive identice de culegere atât a semnalelor ECG, cât și PPG, precum și electrodul de încheietura piciorului drept pot fi fixate în locurile menționate sau pot fi incluse într-un costum special ce se plasează direct pe corp.

Principiul de determinare în condiții de siguranță/corectitudine a cât mai multor parametrii biomedicali doar din înregistrări ale semnalelor ECG și PPG este următorul:

- Prin înregistrarea sincronă a două semnale corelate ECG (măsurare pasivă, bazată pe energie electrică) și PPG (măsurare activă, bazată pe energie optică) și modul de lucru și fuziune a datelor de tip *competitiv* se identifică și se elimină și/sau se extrag din zgomot înregistrările corupte datorită mișcării pacientului, a factorilor de mediu, în principal interferențele electromagnetice. Suplimentar, se identifică în ambele semnale (ECG și PPG) artefactele datorate respirației și pe baza lor se determină frecvența respiratorie.
- Prin modul de plasare a dispozitivelor de culegere în vârfurile celor două triunghiuri echilaterale și funcționarea/fuziunea datelor de tip *complementar* se are în vedere o investigare la nivelul întregului corp omenesc.
- Prin determinarea timpilor de tranziție între semnalele PPG și ECG, precum și a timpilor de întârziere dintre semnalele PPG preluate din vârfurile corespunzătoare celor două triunghiuri, conform modurilor de lucru și fuziune a datelor de tip *cooperativ*, respectiv *complementar*, se determină presiunea arterială.

Metoda de măsurare, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- permite ca din înregistrarea doar a semnalelor ECG și PPG să se determine pe lângă parametrii specifici acestor două semnale și alți parametri precum presiunea arterială și frecvența respiratorie, care în mod tradițional se determină cu alte dispozitive și metode, ce complică măsurarea și sunt incomode pentru pacient;
- prin măsurări de tip *competitiv* sau măsurări redundante, se identifică și extrag formele de undă ale semnalelor ECG și PPG din înregistrările perturbate de mișcarea pacientului și de variabilitatea factorilor de mediu, precum înconjurătorul electromagnetic;
- prin modul de plasare a dispozitivelor de culegere, care permit înregistrarea simultană atât a ECG, cât și a PPG, metoda este adecvată și măsurărilor „în situ”, cu dispozitive purtabile, permițând anumite comparații, corelări și raportări la măsurări și/sau derivațiile standard.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției în legătură cu

Figura 1 – Punctele de culegere ECG și PPG cu parametrii determinați.

Șase dispozitive identice de culegere simultană a semnalelor ECG și PPG (1, 2, 3, 4, 5, 6), fiecare dintre ele format dintr-un inel metalic, ce constituie electrodul ECG, care are în centru o matrice cu mai multe lungimi de undă, ce constituie senzorul PPG, sunt plasate pe corp în vârfurile a două triunghiuri echilaterale.

Triunghiul mare, având dispozitivul de culegere 1, plasat la încheietura mâinii drepte („*Right Arm-RA*”), dispozitivul 2, plasat la încheietura mâinii stângi („*Left Arm-LA*”) și dispozitivul 3, plasat la încheietura piciorului stâng („*Left Leg-LL*”), constituie triunghiul echilateral Einthoven.

De asemenea, la piciorul drept („*Right Leg-RL*”) se află un electrod metalic, 7, care este comandat de reacția sistem de prelucrare-pacient, în vederea reducerii tensiunii perturbatoare de mod comun de pe pacient datorată interferențelor electromagnetice.

Triunghiul mic conține, de asemenea, trei dispozitive de culegere, anume dispozitivul 4 situat pe corp în zona umărului de la mâna dreaptă („*ra*”), dispozitivul 5 situat pe corp în zona umărului de la mâna stângă („*la*”), dispozitivul 6 situat pe corp, sub 4 și 5 în zona abdomenului („*ll*”).

Dispozitive de culegere a semnalelor ECG, cât și PPG pot fi fixate în punctele menționate anterior anume vârfurile celor două triunghiuri, sau pot fi incluse într-un costum elastic special ce se poartă direct pe corp, în ambele situații avându-se în vedere asigurarea unor contacte cât mai stabile.

De la dispozitivele de culegere semnalele se transmit la sistemul de prelucrare, analiză/fuziune a datelor și stocare/memorare a parametrilor biomedicali 8, care poate fi împărțit într-un subsistem de prelucrare primară pe pacient de la care se face transmisia „wireless” la un subsistem cu posibilități de prelucrare nelimitate de condițiile de comoditate ale pacientului (dimensiuni, greutate, consum energetic).

Cele trei culegeri bipolare ECG corespunzătoare inelelor dispozitivelor de culegere 1, 2, 3 situați în vârfurile triunghiului mare, anume derivațiile I_M , II_M , III_M și trei culegeri bipolare ECG corespunzătoare inelele dispozitivelor de culegere 4, 5, 6 situate în vârfurile triunghiului mic, anume derivațiile I_m , II_m , III_m , sunt înregistrate și prelucrate corespunzător.

Simultan și sincron se înregistrează și cele 6 grupuri de semnale provenite de la senzorii PPG, situați în vârfurile aceluiași două triunghiuri (PPG_{RA} , PPG_{LA} , PPG_{LL} , PPG_{ra} , PPG_{la} , PPG_{ll}), fiecărui vârf corespunzându-i câteva semnale cu lungimi de undă diferite, date de o matrice PPG.

Prin analiza și compararea semnalele ECG și PPG se identifică și elimină sau prelucrează în vederea extragerii formelor de undă ECG și PPG din secvențele corupte din cauza artefactelor. Datorită măsurărilor redundante, anume a modului de lucru și fuziune a datelor de tip competitiv este puțin probabil să existe perioade de timp în care toate semnalele ECG și/sau PPG să fie corupte, chiar și în cazul în care pacientul se deplasează sau efectuează anumite activități.

În continuare se prelucrează și analizează înregistrările astfel:

- Din modulația suferită de semnale ECG și PPG datorită respirației se determină frecvența respiratorie, $f_{r,ECG}$, respectiv $f_{r,PPG}$.
- Se determină parametrii biomedicali specifici semnalului ECG, precum ritmul cardiac, $r_{c,ECG}$, și sururile cu duratele secvențelor RR de unde rezultă variabilitatea frecvenței cardiace – HRV_{ECG} , („*Heart Rate Variability*”).
- Se determină parametrii specifici semnalului PPG, precum ritmul cardiac, $r_{c,PPG}$, și sururile cu duratele secvențelor PP de unde rezultă variabilitatea frecvenței cardiace – HRV_{PPG} , saturația oxigenului din sânge (SpO_2), care pot fi obținuți cu mai multe lungimi de undă pentru fiecare dintre cele șase puncte considerate.
- Pe baza comparării și analizei secvențelor sincrone ECG și PPG se poate face o prelucrare suplimentară în vederea extragerii din zgomot și/sau eliminarea interferențelor electromagnetice, obținându-se forme de undă cât mai fidele ale semnalelor ECG și PPG și astfel parametrii biomedicali corecți.

- Din detecția timpilor de tranziție, $t_{\text{ECG-PPG}}$, între un reper din semnalul ECG (de exemplu, timpul corespunzător valorii maxime, R) și un reper corelat din semnalul PPG (de exemplu, timpul corespunzător valorii maxime, P), se determină presiunea arterială, $p_{a,\text{ECG-PPG}}$.
- Din detecția timpilor de întârziere, $t_{\text{PPGM-PPGm}}$ dintre vârfurile P ale semnalelor PPG din triunghiul mare și vârfurile P corespunzătoare ale semnalelor PPG din triunghiul mic se determină presiunea arterială, $p_{a,\text{PPGM-PPGm}}$.

Toate aceste etape și/sau operații sunt efectuate de un sistem inteligent de culegere, prelucrare, analiză și fuziune a datelor.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Qingxue Zhang, Xuan Zeng, Wenchuang Hu and Dian Zhou,
A Machine Learning-Empovered Syistem for Long-Term Motion-Tolerant Wearable Monitoring of Blood Pressure and Heart Rate With Ear ECG/PPG,
IEEE Access, Volume 5, 2017, pp. 10547-10561,
DOI 10.1109/ACCESS.2017.2707472
- [2] Konijnenburg M., Stanzione S, Yan L., Jee D., Pettine J., an Wegberg R., Kim H., Liempd C., Fish R., Schuessler J., Groot H., Hoof C., Yazicioglu R. and Helleputte N.,
A Multi(bio)sensor Acquisition System With Integrated Processor, Power Management, 8 × 8 LED Drivers, and Simultaneously Synchronized ECG, BIO-Z, GSR, and Two PPG Readouts,
IEEE Journal of solid-state circuits, Vol. 51, No. 11, November 2016, pp. 2584-2595.
DOI 10.1109/JSSC.2016.2605660

REVENDICARE

Metodă de determinare a unor parametrii biomedicali din semnalele electrocardiografice și fotopletismografice, caracterizată prin aceea că acesta constă în:

- plasarea pe corp, într-o manieră simetrică, integrală și standardizată a șase dispozitive identice pentru culegere atât a semnalelor ECG, cât și PPG (1-6), astfel încât să permită prelucrări și analize complete, dar și raportării la înregistrările standard;
- realizarea unor culegeri, analize și fuziuni a datelor de tip competitiv pentru eliminarea artefactelor și obținerea formelor de undă ECG, a formelor de undă PPG și a parametrilor specifici acestor două semnale corecți, chiar în condițiile măsurărilor „in situ” cu dispozitive portabile;
- determinarea suplimentară a frecvenței respiratorii pe baza modulării de către respirație atât a semnalelor ECG, cât și PPG înregistrate în mai multe puncte (analiză/fuziune a datelor de tip competitiv);
- determinarea suplimentară a presiunii arteriale atât prin măsurarea timpilor de tranziție între semnalele ECG și PPG, anume analiză/fuziune a datelor de tip cooperativ, cât și a timpilor de întârziere între semnalele PPG înregistrate în diverse puncte, anume analiză/fuziune a datelor de tip complementar.

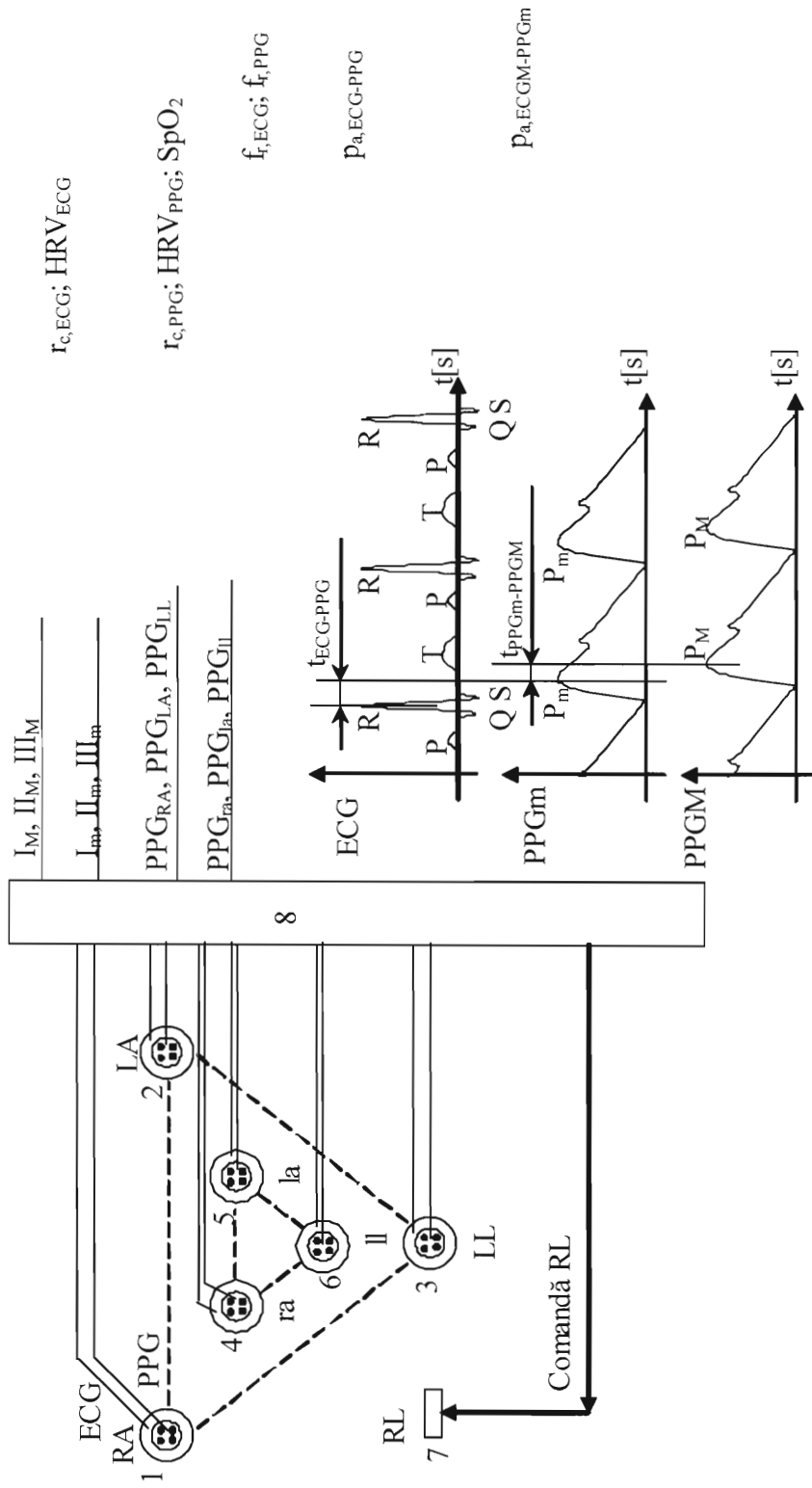


Figura 1