



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **112127** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)

A61B 5/0402 (2006.01)

A61B 5/0452 (2006.01)

A61B 8/02 (2006.01)

G08C 19/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

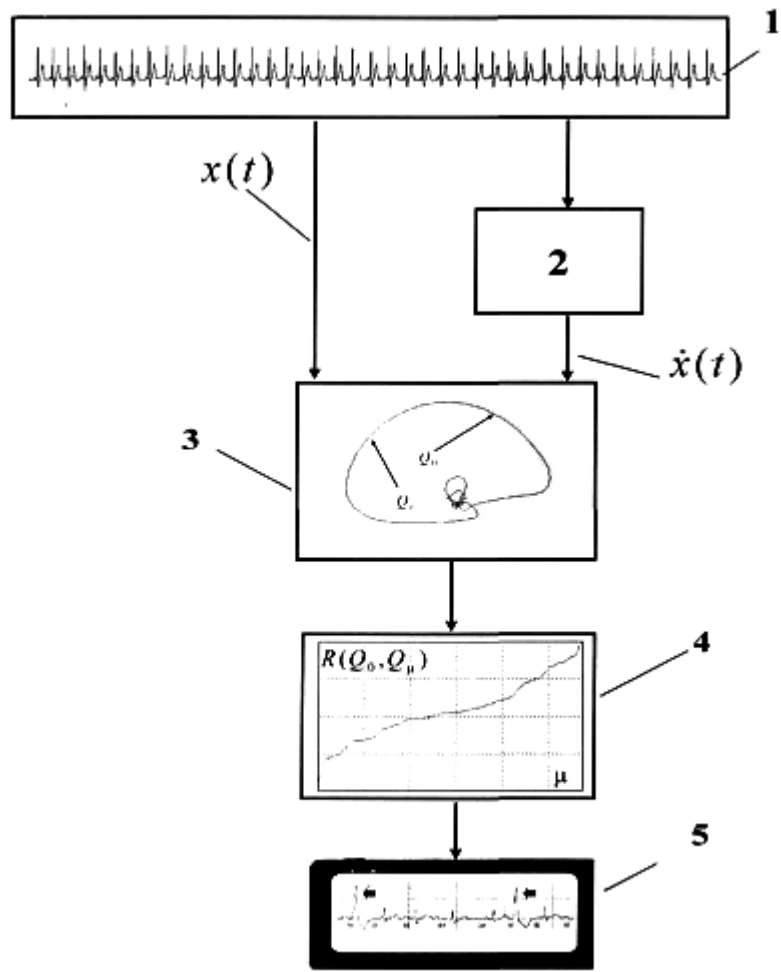
| | |
|--|--|
| <p>(21) Номер заявки: u 2016 04318</p> <p>(22) Дата подання заявки: 19.04.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.12.2016</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.12.2016, Бюл.№ 23</p> | <p>(72) Винахідник(и): Файнзільберг Леонід Соломонович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ ЦЕНТР ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ НАН ТА МОН УКРАЇНИ, просп. Академіка Глушкова, 40, м. Київ-680, 03680 (UA)</p> |
|--|--|

(54) СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ АТИПОВИХ ЦИКЛІВ НА ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМІ

(57) Реферат:

Спосіб виявлення атипових циклів на електрокардіограмі полягає в тому, що вимірюють сигнал, який несе інформацію про зміну в часі електричної активності серця. Визначають поточну швидкість зміни цього сигналу та спостерігають на фазовій площині траєкторію, що відображає залежність поточної швидкості зміни сигналу відносно поточного рівня цього сигналу. Додатково визначають відстані між всіма парами траєкторій окремих циклів. Визначають опорну траєкторію, яка знаходиться на мінімальній відстані від всіх інших траєкторій. Упорядковують за зростанням відстані між опорною траєкторією та всіма іншими траєкторіями та приймають рішення про наявність на електрокардіограмі атипових циклів. Якщо на послідовності упорядкованих відстаней до опорної траєкторії спостерігається різка зміна (стрибок), то всі цикли, які відповідають упорядкованим відстаням після цього стрибка, вважаються атиповими.

UA 112127 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до галузі медицини, а саме до способів попереднього аналізу електрокардіограм для виявлення атипичних циклів (екстрасистол та артефактів) та може бути застосована в медичних комп'ютерних системах, зокрема, в системах дистанційного моніторингу серцевої діяльності пацієнтів та при масових профілактичних обстеженнях населення в поліклінічних закладах, спортивній медицині та медицині праці.

Хвороби серцево-судинної системи як і раніше лідирують в структурі захворюваності, залишаючись однією з головних причин смертності та інвалідності працездатного населення в розвинених країнах. Найбільш розповсюджений спосіб оцінювання поточного стану серцево-судинної системи людини реалізовано в традиційних електрокардіографічних системах діагностики [див. Мурашко В.М. Электрокардиография / Мурашко В.М., Струтынский А.В. - М.: Медицина, 1991. - С. 53-68]. Цей спосіб складається з того, що вимірюють сигнал, який несе інформацію про зміни в часі електричної активності серця (електрокардіосигнал), оцінюють полярності, амплітуди, тривалості та форми характерних сегментів та зубців цього сигналу та на основі значень цих характеристик оцінюють стан серцево-судинної системи пацієнта.

Відомими аналогами є способи реалізації електрокардіографічних обстежень за допомогою цифрових комп'ютерних систем, які забезпечують підтримку прийняття рішень лікаря на основі автоматичного аналізу діагностичних ознак сигналу, що реєструється [Willems J., Abreu-Lima C. et al. Evaluation of ECG interpretation results obtained by computer and cardiologist. - Meth. Inf. Med. -1990. - No. 29. - P. 308-316].

В той же час відомо [Ослопов В.Н. Ограничения автоматического компьютерного анализа электрокардиограммы / Ослопов В.Н., Садыкова А.Р., Федосеева Т.С. // Казанский медицинский журнал. - 2012. - Т. 93. - № 4. - С. 687-691], що в реальних умовах комп'ютерний аналіз ЕКГ часто призводять до помилок ще на стадії вимірювання діагностичних ознак. В наслідок цього недоліку досвідчені кардіологи не в повному обсязі довіряють комп'ютерним алгоритмам і вважають за краще візуальну інтерпретацію ЕКГ.

Ситуація ще більш ускладнюється в теперішній час, коли внаслідок зростання серцево-судинних хвороб для оцінювання стану серцево-судинної системи все більше розповсюдження набувають засоби цифрової медицини, зокрема, цифрові електрокардіографи, які безпосередньо наближені до пацієнта та можуть використовуватись в домашніх умовах [Lourenco A. Unveiling the Biometrical Potential of Finger-Based ECG Signals // Computational Intelligence and Neuroscience. - 2011. - Vol. 2011. - P. 1-8]. Для таких засобів ще більш актуальною стає проблема надійності вбудованих комп'ютерних алгоритмів, тому що пацієнт, який не має медичної освіти, не може самостійно корегувати помилкові рішення комп'ютерного алгоритму на основі візуальної інтерпретації ЕКГ.

Для подолання цього недоліку більш прогресивним є так звана розподілення діагностика на основі телемедичних комп'ютерних технологій, коли пацієнт лише реєструє ЕКГ за допомогою простих засобів та через INTERNET передає зареєстрований сигнал до лікаря, який здійснює інтерпретацію ЕКГ та надає пацієнту необхідні рекомендації [Файнзгьберг Л.С. Разработка телемедицинской системы для дистанционного мониторинга сердечной деятельности на основе метода фазографии / Файнзгьберг Л.С., Сорока Т.В. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2015. - № 6/9(78). - С. 37-46].

При створенні таких телемедичних систем виникає задача попередньої комп'ютерної обробки ЕКГ, що надходять до лікаря, для виявлення ЕКГ, які потребують уваги лікаря в першу чергу. Реалізація додаткових комп'ютерних засобів надійного виявлення таких "підозрілих" ЕКГ дозволяє лікарю оптимально розподіляти свій час, що підвищує ефективність дистанційного оцінювання стану серцево-судинної системи пацієнта.

Найближчим аналогом до корисної моделі є спосіб комп'ютерної обробки ЕКГ за патентом України № 16024 на корисну модель [див. Файнзгьберг Л.С. Спосіб інтегральної, оцінки поточного функціонального стану серцево-судинної системи людини, МПК А 61 В 5/024. - Бюл. № 17, 2006 р.], який обрано як прототип.

Згідно з цим способом вимірюють сигнал, який несе інформацію про зміну в часі електричної активності серця, визначають поточну швидкість зміни цього сигналу та спостерігають на фазовій площині траєкторії, що відображає залежність поточної швидкості зміни сигналу відносно поточного рівня цього сигналу, будують фазовий портрет пацієнта шляхом усереднення траєкторій, які зареєстровані під час послідовності з кількох серцевих циклів, запам'ятовують еталонний фазовий портрет пацієнта в початковому стані, аналогічним чином визначають фазовий портрет пацієнта, що відповідає поточному стану його серцево-судинної системи, вимірюють відхилення поточного фазового портрету пацієнта від еталонного та оцінюють поточний функціональний стан серцево-судинної системи шляхом порівняння отриманої величини відхилення фазових портретів з пороговим значенням.

Недоліком найближчого аналога є те, що цей спосіб дає лише інтегральну інформацію про відхилення форми усередненого циклу поточної ЕКГ від еталона, але не дозволяє виявляти атипові цикли на ЕКГ. Зокрема не дозволяє виявляти ЕКГ з шлунковими екстрасистолами, поява яких потребує підвищеної уваги лікаря, оскільки раптове виникнення шлункової екстрасистоїї може бути першим проявом розвитку гострого інфаркту міокарда [Kaya Y., Pehlivan H. Classification of Premature Ventricular Contraction in ECG // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. - 2015. - Vol. 6. - No. 7. - P. 34-40].

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалити відомий спосіб та подолати наведений вище недолік.

Поставлена задача вирішується тим, що вимірюють сигнал, який несе інформацію про зміну в часі електричної активності серця, визначають поточну швидкість зміни цього сигналу та спостерігають на фазовій площині траєкторію, що відображає залежність поточної швидкості зміни-сигналу відносно поточного рівня цього сигналу, згідно з корисною моделлю, додатково визначають відстані між всіма парами траєкторій окремих циклів, визначають опорну траєкторію, яка знаходиться на мінімальній відстані від всіх інших траєкторій, упорядковують за зростанням відстані між опорною траєкторією та всіма іншими траєкторіями та приймають рішення про наявність на електрокардіограмі атипових циклів, якщо на послідовності упорядкованих відстаней до опорної траєкторії спостерігається різка зміна (стрибок) і всі цикли, які відповідають упорядкованим відстаням після цього стрибка, вважаються атиповими.

Наявність додаткових операцій: визначають відстані між всіма парами траєкторій окремих циклів, визначають опорну траєкторію, яка знаходиться на мінімальній відстані від всіх інших траєкторій, упорядковують за зростанням відстані між опорною траєкторією та всіма іншими траєкторіями та приймають рішення про наявність на електрокардіограмі атипових циклів, якщо на послідовності упорядкованих відстаней до опорної траєкторії спостерігається різка зміна (стрибок), то всі цикли які відповідають упорядкованим відстаням після цього стрибка, вважаються атиповими, дозволяють лікарю своєчасно отримати інформацію про особливості ЕКГ свого пацієнта і тим самим підвищити ефективність медичної допомоги хворим.

Корисна модель пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 наведено схему, яка ілюструє послідовність операцій, що забезпечують реалізацію способу:

1 - блок реєстрації сигналу $x(t)$, який несе інформацію про зміну в часі електричної активності серця (ЕКГ одного відведення, наприклад, першого стандартного - права та ліва руки);

2 - блок оцінювання поточної швидкості $\dot{x}(t)$ сигналу $x(t)$;

3 - блок визначення опорної фазової траєкторії Q_0 ;

4 - блок аналізу упорядкованих відстаней між опорною фазовою траєкторією Q_0 та іншими фазовими траєкторіями Q_i ;

5 - блок відображення результатів.

Фіг. 2 та фіг. 3 ілюструють принципи прийняття рішення згідно способу, що пропонується, для ЕКГ, на якій відсутні атипові цикли (фіг. 2) та з атиповими циклами (фіг. 3).

На фіг. 2. наведено такі позначення:

6 - ЕКГ, на якій відсутні атипові цикли;

7 - фазові траєкторії ЕКГ, на який відсутні атипові цикли;

8 - графік упорядкованих за зростанням відстаней $R(Q_0, Q_\mu)$ між опорною фазовою траєкторією Q_0 та іншими фазовими траєкторіями Q_μ .

На фіг. 3. наведено такі позначення:

9 - ЕКГ, на який присутні атипові цикли;

10 - фазові траєкторії ЕКГ, на який присутні атипові цикли;

11 - графік упорядкованих за зростанням відстаней $R(Q_0, Q_\mu)$ між опорною фазовою траєкторією Q_0 та іншими фазовими траєкторіями Q_μ ;

α_0 - порогове значення відстаней від опорної траєкторії.

На фіг. 4 представлено один з можливих варіантів реалізації способу, що пропонується, у вигляді клієнт-серверної системи, яка складається з клієнтського додатку 12 пацієнта, сервера 13 для збереження інформації та клієнтського додатку 14 лікаря, який знаходиться у віртуальному контакті з пацієнтом.

Фіг. 5 ілюструє один з можливих варіантів надання на клієнтському додатку лікаря інформації про наявність атипових циклів на ЕКГ пацієнта.

Корисну модель виконують наступним чином (див. фіг. 1).

За допомогою блока 1 вимірюють електричний сигнал $x(t)$, який виникає на поверхні тіла пацієнта, що тестується, та несе інформацію про зміни в часі електричної активності серця. Сигнал $x(t)$ отримують за допомогою електродів, що застосовуються в кардіологічній практиці. Електроди встановлюють на одно з стандартних відведень тіла пацієнта, зокрема, на перше стандартне відведення (ліва рука - права рука).

Сигнал $x(t)$ з виходу блока 1 надходить на вхід блока 2, за допомогою якого оцінюють поточну швидкість $\dot{x}(t)$ зміни сигналу $x(t)$. На основі двох сигналів $x(t)$ та $\dot{x}(t)$, які надходять до блока 3, в ньому будуються фазові траєкторії окремих циклів, що характеризують залежність поточної швидкості $\dot{x}(t)$ сигналу відносно поточного рівня сигналу $x(t)$.

На основі аналізу кінцевої послідовності з M фазових траєкторій окремих циклів в блоці 3 визначається одна з цих траєкторій Q_0 - опорна траєкторія.

Для цього спочатку обчислюється $M \times M$ матриця відстаней $R(Q_i, Q_j)$ між всіма парами $Q_i, Q_j, i, j = 1, 2, \dots, M$ фазових траєкторій. Опорною траєкторією Q_0 вважається така траєкторія, яка має найменшу сумарну відстань до всіх інших, тобто

$$Q_0 = \arg \min_{1 \leq j \leq M} \sum_{i=1}^M R(Q_i, Q_j) \cdot (1)$$

Оскільки число M_N атипових циклів (екстрасистол та артефактів) значно менше загального числа M циклів, тобто $M_N \ll M$ (в іншому випадку визначення "атиповий цикл" втрачає сенс), то опорна траєкторія Q_0 , визначена згідно з (1), належить до класу типових циклів, що дозволяє провести селекцію типових та нетипових циклів за відстанями до опорної траєкторії Q_0 .

Для такої селекції визначені блоком 3 відстані від опорної траєкторії Q_0 до всіх інших траєкторій надходять до блока 4, де ці відстані впорядковуються за зростанням. Отримана послідовність впорядкованих відстаней

$$\mathfrak{R}_\mu = R(Q_0, Q_\mu), \mu \in [1, M], (2)$$

дає уявлення про варіабельність форми траєкторій спостережуваних циклів по відношенню до опорної траєкторії Q_0 .

Якщо сигнал 6 (фіг. 2), що спостерігається, містить тільки типові цикли, то відповідні фазові траєкторії 7 не дуже відрізняються одна від другої і впорядковані значення $R(Q_0, Q_\mu)$ відстаней 8 зростають більш-менш рівномірно зі зростанням μ .

Якщо ж на ЕКГ 9 (фіг. 3) з'являються нетипові цикли, то форма відповідних фазових траєкторій 10 суттєво відрізняється від траєкторії опорного циклу. В результаті впорядкована послідовність відстаней 11 містить один або декілька виражених "стрибків" у вигляді різких змін значень.

Визначивши положення першого з таких стрибків, в блоці 4 (фіг. 1) обчислюється порогове значення \mathfrak{R}_0 (див. Фіг. 3), за яким виділяється підмножину I_0 номерів атипових циклів

$$I_0 = \{\mu : R_H(Q_0, Q_\mu) \geq \mathfrak{R}_0\} \cdot (3)$$

Якщо на ЕКГ, що спостерігається, визначені атипові цикли, тобто $I_0 \neq \emptyset$, то номерів атипових циклів надходить до блока 5 (фіг. 1), за допомогою якого лікарю тим чи іншим чином видається інформація про наявність та місцезположення таких циклів на ЕКГ.

Послідовність операцій згідно способу, що пропонується, може бути здійснена як при автономному режимі оцінювання стану серцево-судинної системи за допомогою цифрового електрокардіографа, так і при дистанційному режимі на основі клієнт-серверної системи.

Один з можливих варіантів такої системи наведено на фіг. 4. За допомогою спеціального сенсору пацієнт самостійно здійснює реєстрацію ЕКГ з одного відведення, наприклад, з першого відведення та за допомогою клієнтського додатку 12 пацієнта передає цю інформацію до сервера 13. На сервері ця інформація зберігається.

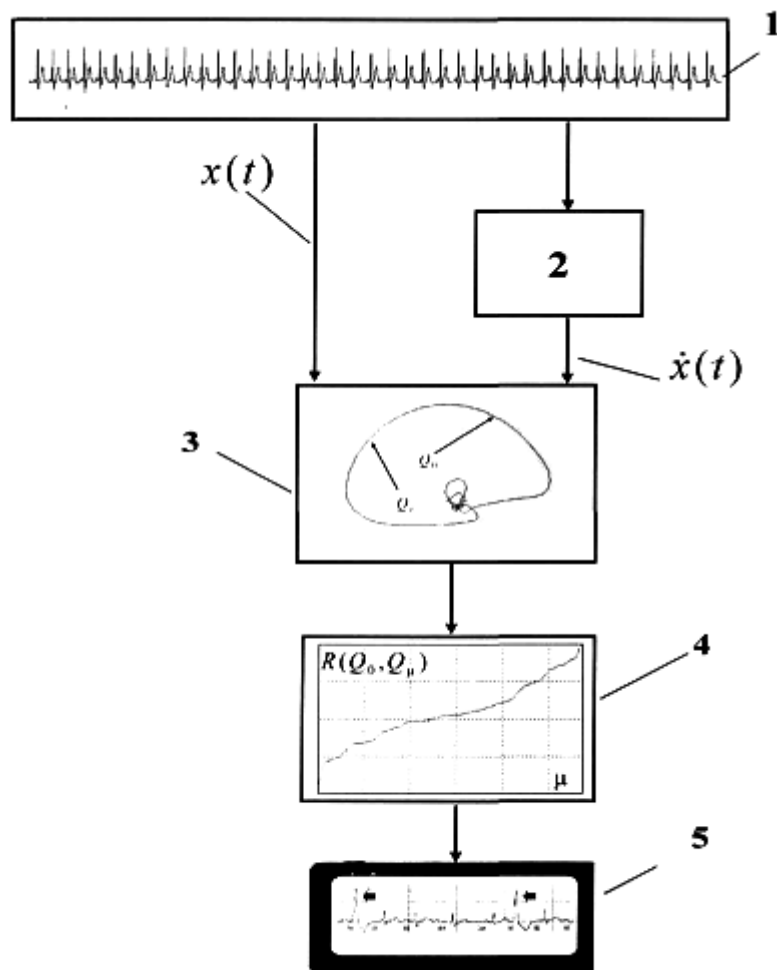
Одночасно на основі способу, що пропонується, програмне забезпечення серверу 13 визначає наявність атипівих циклів на отриманій ЕКГ. Якщо атипіві цикли визначені (тобто $I_0 \neq \emptyset$), то одночасно з передачею ЕКГ на клієнтський додаток 14 лікаря передаються і номери атипівих циклів.

5 В результаті на клієнтському додатку лікаря (фіг. 5) відображається зареєстрована ЕКГ з відповідними помітками атипівих циклів, автоматично визначених сервером. На основі такої візуальної інформації або за допомогою іншого програмного забезпечення лікар приймає остаточне рішення про стан пацієнта та необхідність додаткового обстеження.

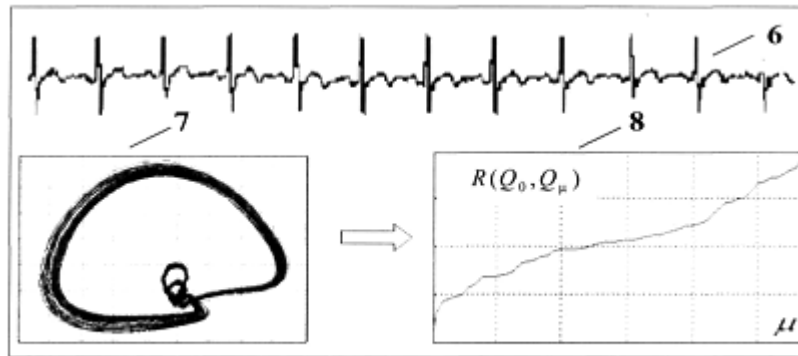
10 Таким чином запропонований спосіб за рахунок надання додаткової інформації про наявність на ЕКГ підозрілих атипівих циклів підвищує увагу лікаря до аналізу таких ЕКГ при віртуальному контакті з пацієнтом на основі клієнт-серверної системи і підтримує прийняття рішень лікарем про подальші дії (повторне обстеження, диспансеризація, госпіталізація, тощо).

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

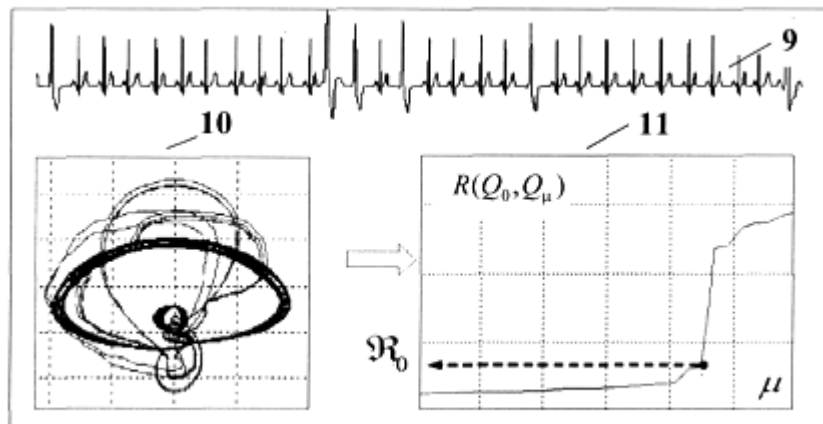
15 Спосіб виявлення атипівих циклів на електрокардіограмі, полягає в тому, що вимірюють сигнал, який несе інформацію про зміну в часі електричної активності серця, визначають поточну швидкість зміни цього сигналу та спостерігають на фазовій площині траєкторію, що відображає залежність поточної швидкості зміни сигналу відносно поточного рівня цього сигналу, який
20 **відрізняється** тим, що додатково визначають відстані між всіма парами траєкторій окремих циклів, визначають опорну траєкторію, яка знаходиться на мінімальній відстані від всіх інших траєкторій, упорядковують за зростанням відстані між опорною траєкторією та всіма іншими траєкторіями та приймають рішення про наявність на електрокардіограмі атипівих циклів, якщо
25 на послідовності упорядкованих відстаней до опорної траєкторії спостерігається різка зміна (стрибок), то всі цикли, які відповідають упорядкованим відстаням після цього стрибка, вважаються атипівими.



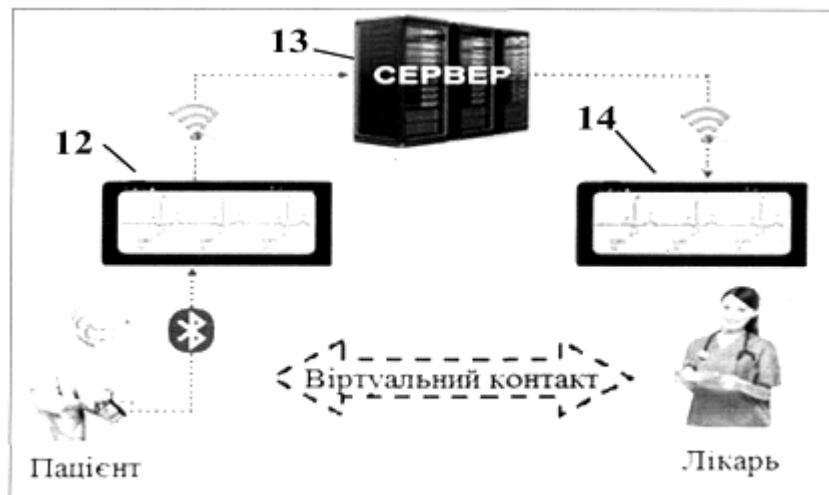
Фіг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

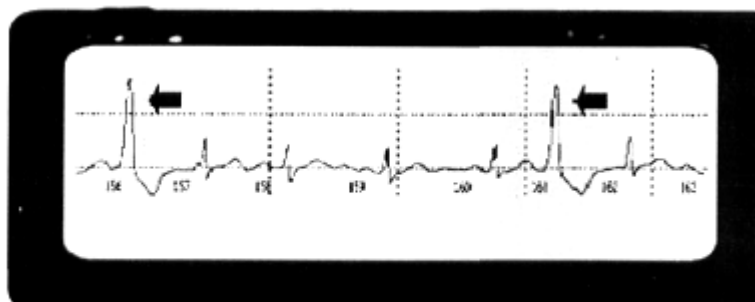


Fig. 5

Комп'ютерна верстка Т. Вахричева

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601