



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105273** (13) **C2**
(51) МПК

G06K 9/66 (2006.01)
A61B 5/0402 (2006.01)
A61B 5/0205 (2006.01)
A61B 5/117 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2012 10141</p> <p>(22) Дата подання заявки: 27.08.2012</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.04.2014</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 25.02.2013, Бюл.№ 4</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.04.2014, Бюл.№ 8</p>	<p>(72) Винахідник(и): Файнзільберг Леонід Соломонович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ ЦЕНТР ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ, пр. Академіка Глушкова, 40, м. Київ-187, 03187 (UA), Файнзільберг Леонід Соломонович, вул. Героїв Дніпра, б. 36, кв. 17, м. Київ, 04214 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Татарченко Н. В., Тимошенко С. В. Биометрическая идентификация в интегрированных системах безопасности // Специальная техника. - 2002. - № 2. - С. 2-7 Shen T.W., Tompkins W.J., Hu Y.H. One-lead ECG for identity verification // Proc. of the 2nd Conf. of the IEEE Eng. in Med. and Bio. Society and the Biomed. Eng. Society - 2002 - Vol. 1. - P. 62-63 Ching-Kun Chen, Chun-Liang Lin, Yen-Ming Chiu . Individual Identification Based on Chaotic Electrocardiogram Signals // 6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications – 2011. - P. 1765-1770 US 4632428 A; 30.12.1986 CN 101773394 B; 07.09.2011 RU 2437616 C2; 27.12.2011 RU 2286713 C2; 10.11.2006 RU 2200461 C2; 20.03.2003 CN 101416876 A; 29.04.2009 WO 2008054490 A2; 08.05.2008</p>
--	--

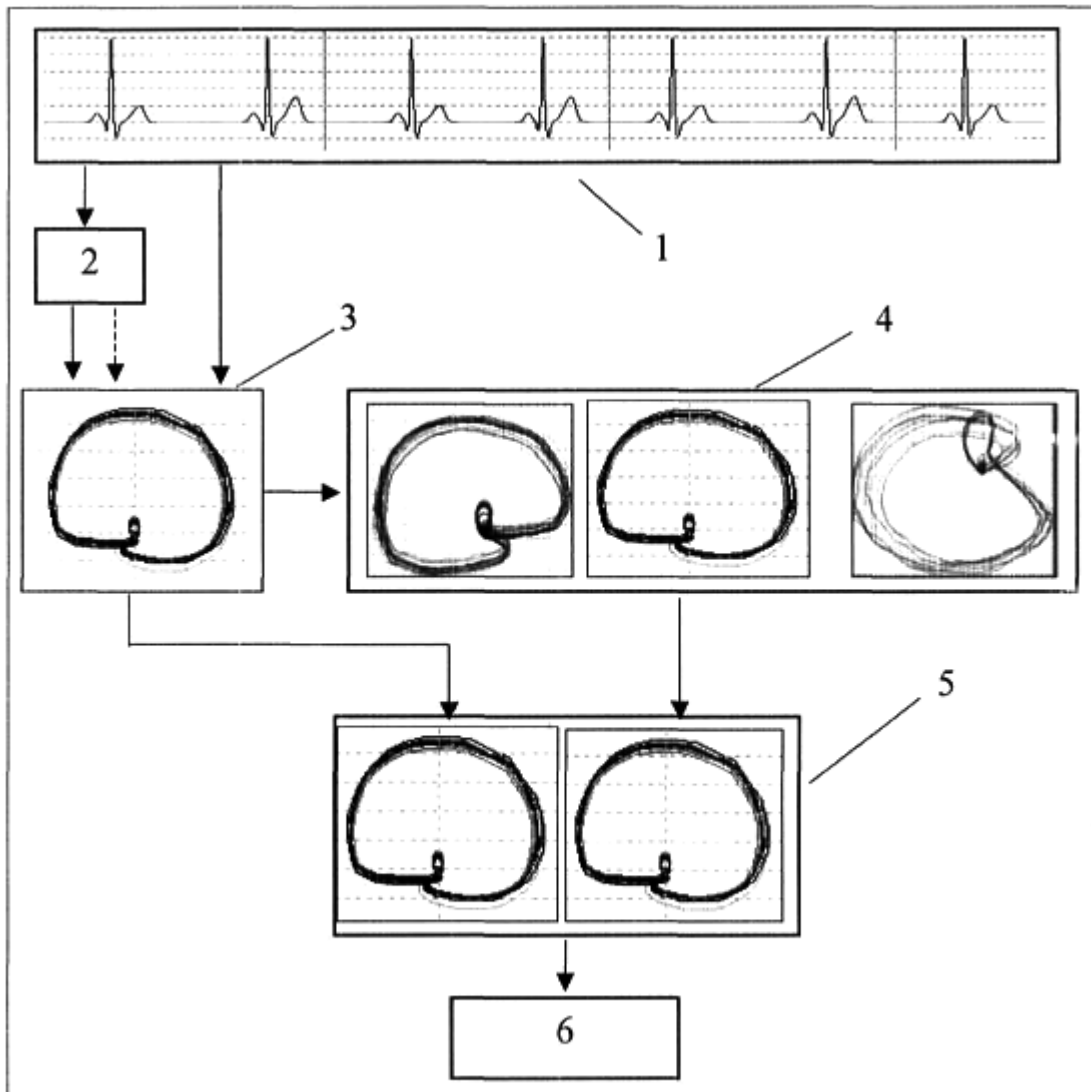
(54) СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИСТОСТІ ЗА ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМОЮ

(57) Реферат:

Винахід належить до біометричних методів ідентифікації особистості та може бути застосований в системах обмеження доступу до технічних та програмних засобів, криміналістиці тощо. Спосіб ідентифікації особистості за електрокардіограмою (ЕКГ), оснований на аналізі індивідуальних характеристик сигналів, які породжуються електричною активністю серця конкретної особистості, полягає в тому, що для підвищення достовірності результатів ідентифікації використовуються не часові сигнали, а двовимірні або тривимірні графічні образи (фазові портрети) ЕКГ. Остаточне рішення про ім'я невідомої особистості приймається на

UA 105273 C2

основі автоматичного або візуального порівняння поточного фазового портрету з еталонними фазовими портретами різних особистостей, які формуються на етапі навчання та зберігаються в базі даних. Технічним результатом, що досягається даним винаходом, є підвищення достовірності результатів ідентифікації особистості.



Фіг. 1

Винахід належить до біометричних методів ідентифікації особистості, а більш точно до способів ідентифікації особистості за електрокардіограмою, та може бути застосована в системах обмеження доступу до технічних та програмних засобів, криміналістиці та інших сферах.

5 Біометричні методи ідентифікації особистості, які основані на аналізі індивідуальних характеристик особистості, останнім часом стають все більш актуальними. Найбільше поширення отримали методи ідентифікації, які ґрунтуються на розпізнаванні відбитків пальців, індивідуальних характеристик обличчя, голосу та райдужної оболонки ока (див. Татарченко Н. В., Тимошенко С. В. Биометрическая идентификация в интегрированных системах безопасности // Специальная техника. - 2002. - № 2. - С. 2-7). Але наведені біометричні характеристики можуть бути підроблені за рахунок гримування обличчя, накладання на очі спеціальних лінз, імітування індивідуальних особливостей голосу тощо.

10 Для подолання цього недоліку фахівці шукають нові підходи до біометричної ідентифікації особистостей. Один з таких підходів є відомий спосіб біометричної ідентифікації людини, який засновано на індивідуальних характеристиках роботи його серця (див. Biel L., Pettersson O., Philipson L., Wide P. ECG analysis: a new approach in human identification // IEEE Trans, on Instrumentation and Measurement. - 2001. - No. 50 (3). - P. 808-812). Для реалізації цього способу пропонується використовувати різні математичні методи оброблення та розпізнавання електрокардіограм (ЕКГ), які несуть інформацію про зміну в часі електричної активності серця за певний термін спостереження, зокрема:

20 - нейронні мережі (див. Boumbarov O., Velchev Y., Sokolov S. ECG personal identification in subspaces using radial basis neural networks // IEEE Int. Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems. - 2009 - P. 446-451);

25 - метод дискретного вейвлет перетворення (Chiu C.C., Chuang C., Hsu C. A novel personal identity verification approach using a discrete wavelet transform of the ECG signal // International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering. - 2008-P. 201-206);

- аналіз сигналу в частотній області (Odinaka I., Lai P.-H., Kaplan A., O'Sullivan J., Sirevaag E., Kristjansson S., Sheffield A., Rohrbaugh J. ECG biometrics: A robust short-time frequency analysis // IEEE International Workshop on Information Forensics and Security. - 2010. - P. 1-6);

30 - калмановську фільтрацію (Ting C.M., Salleh S.H. ECG based personal identification using extended kalman filter // 10th International Conference on Information Sciences Signal Processing and their Applications. - 2010. - P. 774-777);

35 - метод статистичного розпізнавання (Zhang, Z. & Wei, D. (2006). A new ECG identification method using Bayes' theorem // TENCON-2006. - P. 1-4) та інші математичні методи оброблення сигналу.

40 Для підвищення достовірності результатів ідентифікації особистості за наведеними методами передбачається, що реєстрація та оброблення ЕКГ здійснюється в декількох відведеннях, зокрема в 12 традиційних відведеннях (див. Biel L., Pettersson O., Philipson L., Wide P. ECG analysis: a new approach in human identification // IEEE Trans, on Instrumentation and Measurement. - 2001. - No. 50 (3). - P. 808-812). Але реєстрація сигналу одночасно в декількох відведеннях є досить незручною і потребує певної кваліфікації при розташуванні електродів на тілі людини. Це є суттєвим недоліком наведених методів ідентифікації, що обмежує їх практичне застосування.

45 Серед відомих методів біометричної ідентифікації за електрокардіограмою найбільш близьким до способу, що пропонується, є спосіб ідентифікації людини за одноканальною ЕКГ (див. Shen T.W., Tompkins W.J., Hu Y.H. One-lead ECG for identity verification // Proc. of the 2nd Conf. of the IEEE Eng. in Med. and Bio. Society and the Biomed. Eng. Society-2002-Vol. 1. - P. 62-63). Спосіб передбачає реєстрацію ЕКГ тільки в одному відведенні, зокрема в першому стандартному (ліва та права рука), та ідентифікацію людини за сукупністю амплітудно-часових характеристик окремих фрагментів сигналу $x(t)$, який реєструється за певний інтервал часу.

50 Недоліками цього способу є його відносно невелика достовірність результатів ідентифікації за рахунок помилок, викликаних можливими збігами сукупності амплітудно-часових характеристик ЕКГ для різних особистостей. До того ж досить складно на основі додаткового візуального аналізу оцінювати відмінності часового сигналу $x(t)$ та корегувати невірні рішення.

55 В основу винаходу поставлена задача створення способу, який забезпечує підвищення достовірності результатів ідентифікації особистості за одноканальною ЕКГ.

60 Поставлена задача вирішується тим, що вимірюють сигнал $x(t)$, що несе інформацію про зміну в часі t електричної активності серця, за одномірним сигналам $x(t)$ формують дво- або тривимірні образи сигналу (фазові портрети), на етапі навчання формують базу, в якій зберігають імена (логіни) особистостей з відповідними фазовими портретами сигналу,

zareєстрованими на етапі навчання, та проводять ідентифікацію особистостей на основі порівняння значень сукупності характеристик поточного фазового портрету сигналу $x(t)$, що формується на наступних етапах, з сукупностями характеристик фазових портретів еталонних сигналів, що зберігаються в базі даних.

5 При цьому для формування фазового портрету сигналу $x(t)$ оцінюють першу $\dot{x}(t)$ та другу $\ddot{x}(t)$ похідні, що несуть інформацію про швидкість та прискорення в часі t сигналу $x(t)$ про електричну активність серця, формують двовимірні фазові портрети в координатах $x(t) - \dot{x}(t)$ або тривимірні фазові портрети в координатах $x(t) - \dot{x}(t) - \ddot{x}(t)$ та для ідентифікації особистості використовують сукупність індивідуальних характеристик сформованих фазових портретів.

10 Формування фазового портрету сигналу $x(t)$ згідно зі способом, що пропонується, може бути здійснено також на основі того, що визначають затримані значення сигналу $x(t - \tau)$ та $x(t - 2\tau)$, де τ - певна затримка в часі, формують двовимірні фазові портрети в координатах $x(t) - x(t - \tau)$ або тривимірні фазові портрети в координатах $x(t) - x(t - \tau) - x(t - 2\tau)$ та для ідентифікації особистості використовують сукупність індивідуальних характеристик сформованих фазових портретів.

15 Сукупність ознак, що відрізняють цей спосіб від відомих, а саме те, що додатково за одномірним сигналам $x(t)$ формують двовимірні фазові портрети в координатах $x(t) - \dot{x}(t)$ або $x(t) - x(t - \tau)$ або тривимірні фазові портрети в координатах $x(t) - \dot{x}(t) - \ddot{x}(t)$ або $x(t) - x(t - \tau) - x(t - 2\tau)$ та проводять ідентифікацію особистостей на основі порівняння сукупності характеристик поточного та еталонного фазових портретів, дозволяє суттєво підвищити достовірність результатів ідентифікації за рахунок використання додаткової інформації про індивідуальні характеристики сигналу, що міститься в сформованих фазових портретах. До того ж навіть візуальний аналіз характеристик сформованих фазових портретів, які займають обмежену область простору та мають більш виражені індивідуальні особливості, є набагато більш зручним та надійним, ніж візуальний аналіз сигналу $x(t)$ у часовій області.

25 На фіг. 1 наведено схему, яка ілюструє послідовність операцій, що забезпечують реалізацію способу. На фіг. 1 наведено такі позначення:

1 - блок реєстрації ЕКГ та аналого-цифрового перетворення сигналу $x(t)$;

2 - блок оцінювання похідних $\dot{x}(t)$ та $\ddot{x}(t)$ або затриманих значень $x(t - \tau)$ та $x(t - 2\tau)$ сигналу $x(t)$;

30 3 - блок формування фазових портретів;

4 - база даних еталонних фазових портретів;

5 - блок порівняння фазових портретів;

6 - блок визначення особистості.

35 На фіг. 2 наведено приклад ЕКГ - графік сигналу $x(t)$ (позиція 7), який несе інформацію про електричну активність серця, та відповідні цьому сигналу двовимірний фазовий портрет 8 в координатах $x(t) - \dot{x}(t)$ та двовимірний фазовий портрет 9 в координатах $x(t) - x(t - \tau)$, де в даному випадку затримка в часі становить $\tau = 18$ мсек.

На фіг. 3 наведено приклади різних сигналів $x(t)$ разом з відповідними двовимірними фазовими портретами в координатах $x(t) - \dot{x}(t)$

40 На фіг. 4 наведено приклади двовимірних фазових портретів в координатах $x(t) - \dot{x}(t)$, які належать 20 різним особистостям.

На фіг. 5 наведено приклади проєкцій з різними кутами проєктування тривимірних фазових портретів в координатах $x(t) - \dot{x}(t) - \ddot{x}(t)$, які належать двом особистостям.

45 На фіг. 6 показані двовимірні фазові портрети в координатах $x(t) - \dot{x}(t)$ 3 різних особистостей (а, б та в), які були сформовані по їх ЕКГ, що зареєстровані за достатньо великий термін спостережень (між 2005 та 2011 роками).

Спосіб ідентифікації особистості за електрокардіограмою, що пропонується, складається з таких дій.

50 Блок 1 (фіг. 1) забезпечує реєстрацію сигналу $x(t)$, що несе інформацію про електричну активність серця, та перетворення цього сигналу в цифрову форму. Цифровий сигнал з виходу блока 1 надходить на вхід блока 2, який забезпечується автоматичне визначення похідних $\dot{x}(t)$ та $\ddot{x}(t)$ (при першому варіанті реалізації способу) або затриманих значень $x(t - \tau)$ та $x(t - 2\tau)$ (при другому варіанті реалізації способу). Оцінка похідних $\dot{x}(t)$ та $\ddot{x}(t)$ може бути здійснена за допомогою будь-якого з відомих чисельних методів диференціювання цифрового сигналу з попередньою фільтрацією $x(t)$ та відповідною процедурою регуляризації.

Сигнал $x(t)$ з виходу блока 1 та сигнали $\dot{x}(t)$ та $\ddot{x}(t)$ (при першому варіанті реалізації способу) або затримані сигнали $x(t - \tau)$ та $x(t-2\tau)$ (при другому варіанті реалізації способу) надходять на входи блока 3, який формує відповідні двовимірні або тривимірні фазові портрети ЕКГ певною особистості.

5 Незалежно від варіанту реалізації способу кожен з фазових портретів формується як послідовність значень фазових координат $x(t_k)$, $\dot{x}(t_k)$, $\ddot{x}(t_k)$ або фазових координат $x(t_k)$, $x(t_k - \tau)$, $x(t_k-2\tau)$ в дискретні моменти часу $t_k \equiv k\Delta$, $k=0,1,\dots,K-1$, де Δ - крок квантування за часом.

10 Як це видно з прикладу, наведеному на фіг. 2, перший 8 та другий 9 варіанти двовимірного фазового портрету одного й того ж сигналу 7 хоча і мають різну форму, але обидва займають обмежену область фазового простору у вигляді характерного двовимірного графічного образу. Для наочності на фіг. 2 та наступних фігурах послідовність точок, за якими сформовано фазові портрети, з'єднана відрізками прямих ліній.

15 Відмінність сигналів $x(t)$ обумовлює і відмінність фазових портретів, сформованих за різними сигналами. Але як це видно з фіг. 3, на якій представлено 6 різних сигналів та відповідних їм фазових портретів, відмінність фазових портретів більш виражена, ніж відмінність сигналів, на основі яких сформовані фазові портрети. При цьому кожен з фазових портретів має характерні особливості, які легко визначаються навіть при візуальному аналізі, наприклад, такі особливості як кут орієнтації фазового портрету, кількість, розмір та форма петель та інші.

20 Всі ці особливості характеризують певний сигнал $x(t)$, що несе інформацію про електричну активність серця конкретної особистості. Як це видно з фіг. 4, на якій наведено приклади 20 двовимірних фазових портретів різних особистостей, одні фазові портрети суттєво відрізняються за наведеними ознаками, а інші мають менш виражені відмінності.

25 Однак експерименти показали, що навіть якщо двовимірні фазові портрети ЕКГ практично збігаються (рис. 5, ліворуч), при переході в тривимірний фазовий простір з координатами $x(t)$ - $\dot{x}(t)$ - $\ddot{x}(t)$ вдається виявити деякі розходження нібито тотожних фазових портретів при певних кутах проектування (фіг. 5, праворуч).

Дослідження також показали, що фазові портрети зберігали свої індивідуальні особливості протягом достатньо великого періоду спостережень (див. фіг. 6). Це дає можливість використовувати фазові портрети як біометричну характеристику певної особи.

30 Для реалізації такої можливості, згідно зі способом, що пропонується, спочатку проводиться навчання, яке складається в тому, що сформований фазовий портрет певної особи з виходу блока 3 (фіг. 1) надходить до бази даних 4, в якій цей портрет зберігається разом з ім'ям (логіном) цієї особи.

35 Збережені в базі даних 4 фазові портрети використовуються як еталонні на наступних стадіях ідентифікації. Цей процес здійснюється таким чином.

Сформований блоком 3 поточний фазовий портрет невідомою особистості надходить до блока 5. На вхід блока 5 з бази даних 4 надходять еталонні фазові портрети певної групи особистостей, для яких попередньо сформовані еталонні фазові портрети. Блок 5 здійснює порівняння поточного та еталонного фазових портретів.

40 Таке порівняння може бути здійснено за допомогою комп'ютерного алгоритму, який визначає "відстань" між поточним фазовим портретом та еталонними фазовими портретами. Як оцінка такої відстані можуть використовуватись різні відомі метрики, зокрема евклідова або хаусдорфова метрика.

45 Отримані "відстані" надходять на вхід блока 6, який приймає рішення про ім'я особистості за правилом мінімальної відстані між поточним та еталонним фазовим портретами або рішення про відмову від ідентифікації, якщо мінімальна відстань перевищує деяке обмеження.

50 Прийняття такого рішення може також здійснюватись досвідченим експертом на основі візуальної оцінки характерних ознак поточного та еталонного фазових портретів, як це робиться експертами-криміналістами при візуальному аналізі характерних особливостей відбитків пальців. В цьому випадку забезпечується прискорення процесу візуальної ідентифікації за рахунок виконання запитів експерта до бази даних 4 та передачі до блока 5 еталонних фазових портретів, що відповідають вказаним експертом певним ознакам.

55 Ідентифікація особистості за фазовими портретами ЕКГ, які займають обмежену область фазового простору та мають виражені особливості, характерні для певної особи (див. фіг. 4), що зберігаються в часі (див. фіг. 6), є більш зручним та надійним в порівнянні з аналізом вихідного часового сигналу $x(t)$, який несе інформацію про зміну електричної активності серця.

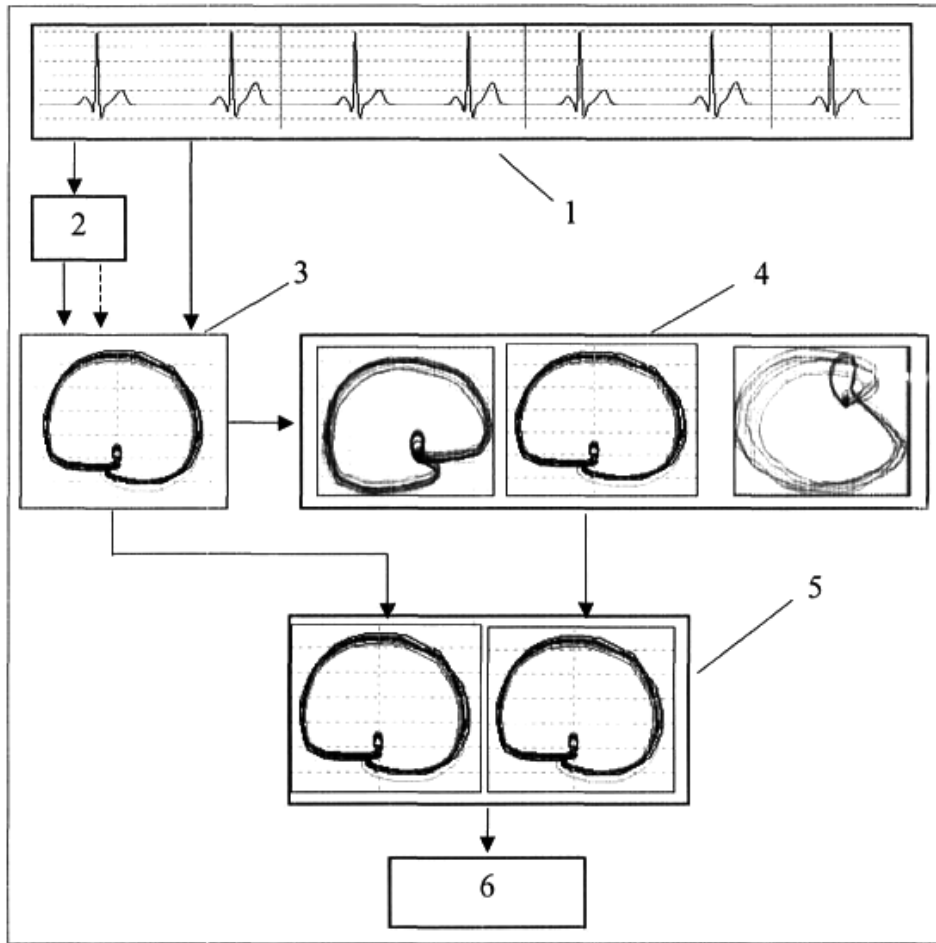
Наведений вище детальний опис конкретної реалізації способу ідентифікації особистості за фазовими портретами електрокардіограми дано лише з метою ілюстрації. Зрозуміло, що на практиці в реалізацію способу можуть бути внесені деякі зміни і модифікації. Наприклад, спосіб

формування дво- або тривимірних графічних образів (фазових портретів), що відповідають ЕКГ, можуть бути застосовані на інших методах. Проте вважається, що такі або інші зміни і модифікації, які можуть бути зроблені без суттєвих відхилень від даного способу, підпадають під дію даного винаходу.

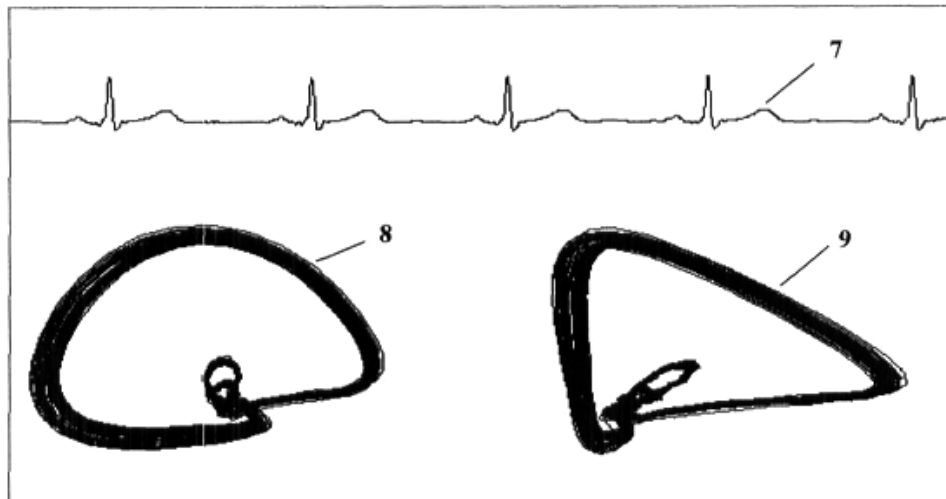
5

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

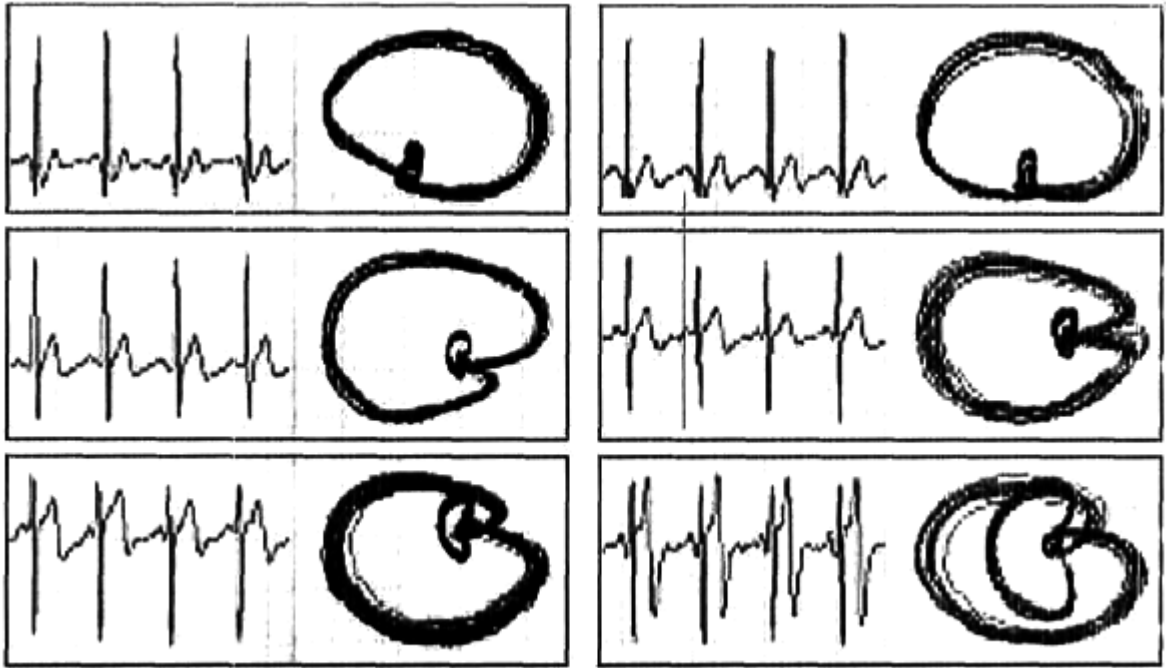
1. Спосіб ідентифікації особистості за електрокардіограмою, який полягає в тому, що за допомогою блока реєстрації ЕКГ вимірюють сигнал $x(t)$, що несе інформацію про зміну в часі t електричної активності серця, формують базу еталонних сигналів, в якій зберігають імена особистостей з відповідним сигналом, зареєстрованим на етапі навчання, та проводять ідентифікацію особистостей на основі порівняння поточних значень сукупності характеристик сигналу, що вимірюють на наступних етапах, з сукупностями характеристик еталонних сигналів, що зберігають в базі даних, який **відрізняється** тим, що формують двовимірні або тривимірні образи - фазові портрети, за одномірним сигналом $x(t)$, що несе інформацію про зміну в часі t електричної активності серця, проводять ідентифікацію особистості, за допомогою сукупності характеристик сигналу, за якими визначають індивідуальні характеристики сформованих фазових портретів.
2. Спосіб ідентифікації особистості за електрокардіограмою за п. 1, який **відрізняється** тим, що оцінюють першу $\dot{x}(t)$ та другу $\ddot{x}(t)$ похідні сигналу $x(t)$, що несуть інформацію про швидкість та прискорення в часі t сигналу $x(t)$, що несе інформацію про зміну в часі t електричної активності серця, формують двовимірні фазові портрети в координатах $x(t)-\dot{x}(t)$ або тривимірні фазові портрети в координатах $x(t)-\dot{x}(t)-\ddot{x}(t)$ та для ідентифікації особистості використовують сукупність індивідуальних характеристик сформованих фазових портретів.
3. Спосіб ідентифікації особистості за електрокардіограмою за п. 1, який **відрізняється** тим, що визначають затримані значення сигналу $x(t-\tau)$ та $x(t-2\tau)$, де τ - певна затримка в часі, формують двовимірні фазові портрети в координатах $x(t)-x(t-\tau)$ або тривимірні фазові портрети в координатах $x(t)-x(t-\tau)-x(t-2\tau)$ та для ідентифікації особистості використовують сукупність індивідуальних характеристик сформованих фазових портретів.



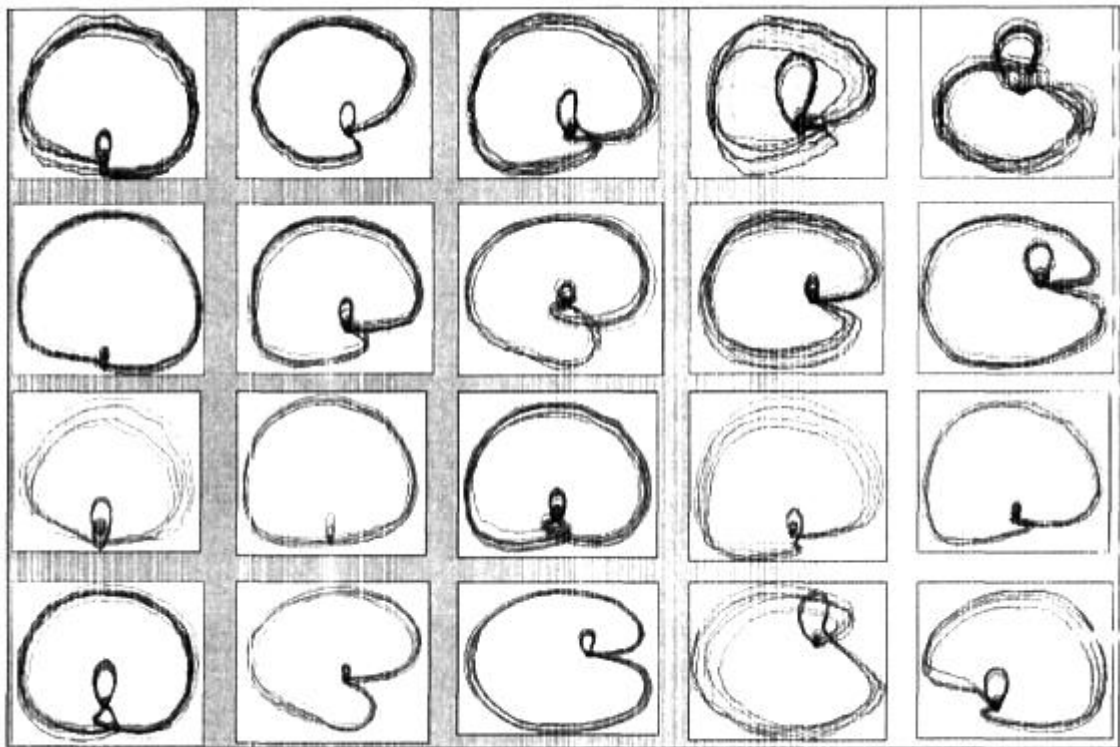
Фиг. 1



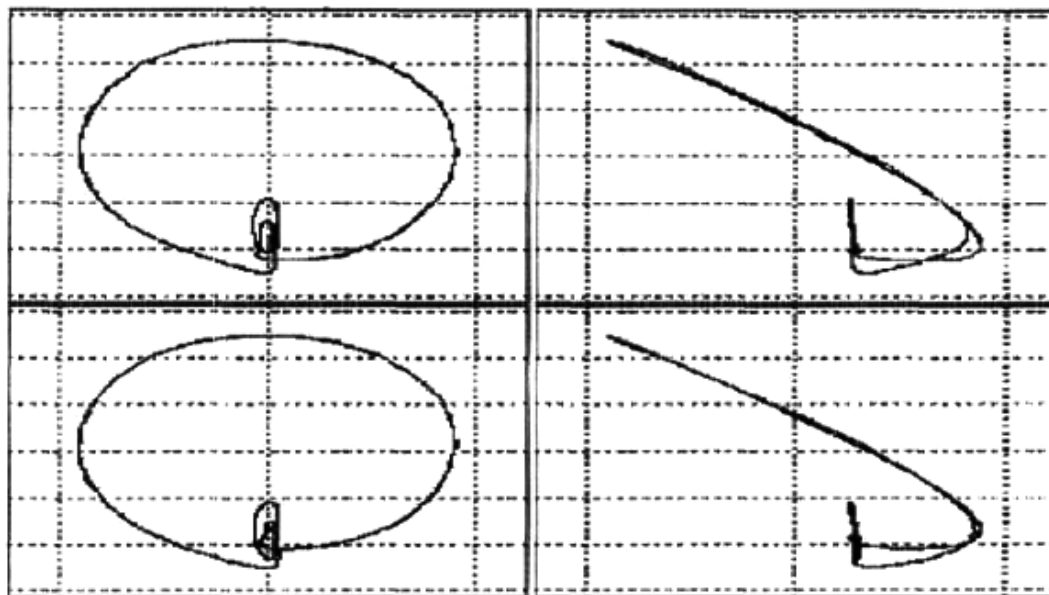
Фиг. 2



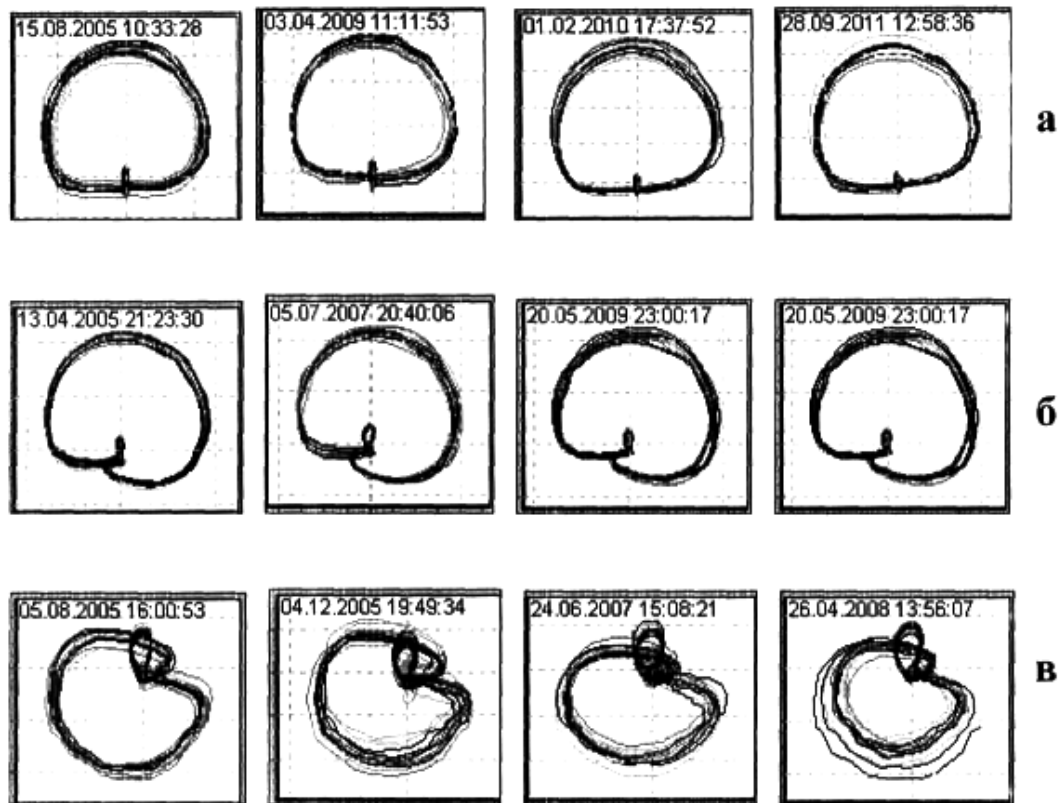
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

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

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