



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012130372/14, 13.12.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.12.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
18.12.2009 EP 09179922.1

(43) Дата публикации заявки: 27.01.2014 Бюл. № 3

(45) Опубликовано: 10.04.2016 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 2008154144 A1, 26.06.2008. ARI et al. DSP implementation of a heart valve disorder detection system from a phonocardiogram signal. Journal of Medical Engineering & Technology, v.32, no.2, pp.122-132. ARI et al. A robust heart sound segmentation algorithm for commonly occurring heart valve diseases. Journal of Medical Engineering & (см. прод.)

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 18.07.2012

(86) Заявка РСТ:
IB 2010/055768 (13.12.2010)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2011/073879 (23.06.2011)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**КУМАР Прашант (NL),
САНДЖАЯ Кумара (NL),
ВЕНКАТЕСАН Соури Раджан (NL),
МАЛЛЪЯ Йогиша (NL)**

(73) Патентообладатель(и):

**КОНИНКЛЕЙКЕ ФИЛИПС
ЭЛЕКТРОНИКС Н.В. (NL)**

(54) УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ФОНОКАРДИОГРАММЫ

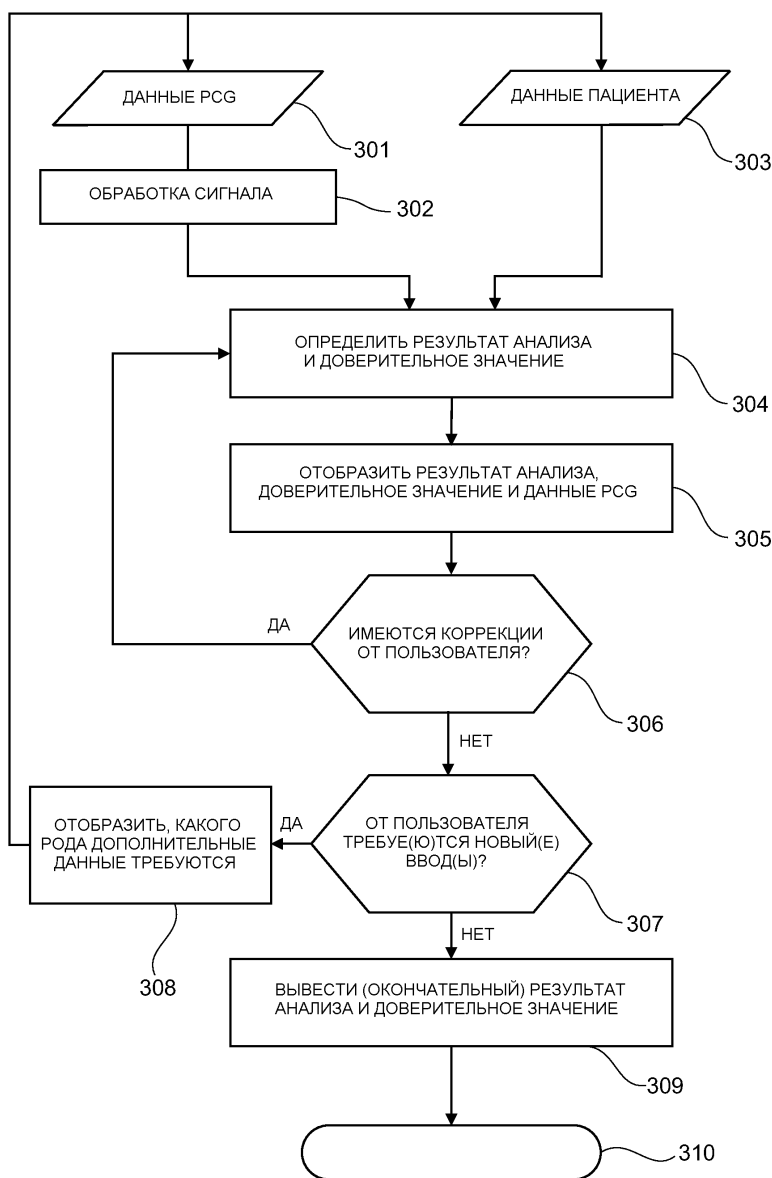
(57) Реферат:

Изобретение относится к медицинской технике, а именно к средствам автоматической оценки сигнала фонокардиограммы. Устройство обработки сигналов содержит фонокардиограммный интерфейс, данные которого собраны от пациента в соответствии с соответствующим набором собираемых свойств этого сигнала, выбранных из по меньшей мере одного из места прослушивания, информации о

том, дышал пациент или задерживал дыхание, информации о том, был ли пациент в покое или выполнял физические упражнения перед сбором сигнала; процессор, выполненный с возможностью анализа первого сигнала фонокардиограммы, использующего его соответствующий набор собираемых свойств, и обеспечения анализа и доверительного значения анализа; и устройство управления

последовательностью операций, выполненное с возможностью определения возможно ли, что последующий сигнал фонокардиограммы, если он собран от пациента в соответствии с другим набором собираемых свойств, повысит точность анализа, и в таком случае координации сбора последующего сигнала фонокардиограммы от пациента в соответствии с другим набором собираемых свойств. Во втором варианте выполнения устройства интерфейс пользователя выполнен с возможностью приема от пользователя коррекции, относящейся к действию по обработке данных, и сегментации и

классификации собранного сигнала фонокардиограммы, а процессор дополнительно выполнен с возможностью формировать другой набор собираемых свойств для сбора последующего сигнала фонокардиограммы, основываясь на пользовательской коррекции. Способ действия обеспечен устройством обработки сигналов, а машиночитаемый носитель содержит команды, которые при исполнении процессором побуждают его выполнять способ действия устройства. Использование изобретения позволяет повысить надежность нахождения симптомов заболеваний. 4 н. и 11 з.п. ф-лы, 9 ил.



Фиг. 3

(56) (продолжение):

Technology, v.32, no.6, pp.456-465. Marshall A. et al. Signal analysis of medical acoustic sounds with applications to chest medicine. Journal of the Franklin Institute, v.344, no.3-4, pp.230-242. RU 2308876 C2, 27.10.2007.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
A61B 7/04 (2006.01)
G06F 19/00 (2011.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012130372/14, 13.12.2010**(24) Effective date for property rights:
13.12.2010

Priority:

(30) Convention priority:
18.12.2009 EP 09179922.1(43) Application published: **27.01.2014** Bull. № 3(45) Date of publication: **10.04.2016** Bull. № 10(85) Commencement of national phase: **18.07.2012**(86) PCT application:
IB 2010/055768 (13.12.2010)(87) PCT publication:
WO 2011/073879 (23.06.2011)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**KUMAR Prashant (NL),
SANDZHAJA Kumara (NL),
VENKATESAN Souri Radzhan (NL),
MALLJA Jogisha (NL)**

(73) Proprietor(s):

**KONINKLEJKE FILIPS ELEKTRONIKS N.V.
(NL)**(54) **DEVICE AND METHOD OF PROCESSING PHONOCARDIOGRAM SIGNALS**

(57) Abstract:

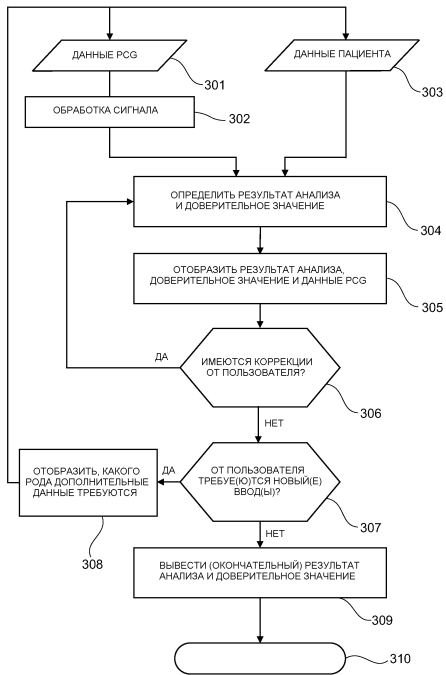
FIELD: medical equipment.

SUBSTANCE: invention relates to medical engineering, in particular to the means of automatic evaluation signal phonocardiogram. Apparatus comprises a phonocardiogram interface adapted to receive a phonocardiogram signal captured according to a first set of capturing properties, a processor adapted to analyze the phonocardiogram signal to determine an analysis result for the phonocardiogram signal and a confidence value of the determined analysis result, and a flow control adapted to determine, whether a subsequent capture of the phonocardiogram signal according to a second set of capturing properties is likely to improve an accuracy of the determined analysis result. If applicable the flow control coordinates the subsequent capture of the phonocardiogram signal according to the second set of capturing properties. In a second embodiment of the device user interface is adapted to receive from a user a correction related to the action of data processing, and segmentation and

labeling of the collected signal phonocardiogram, and the processor is further configured to generate another set of collected properties to collect subsequent signal phonocardiogram based on the user correction. Mode of action is provided a signal processing apparatus, and computer-readable medium comprising instructions that, when executed by a processor perform a method for its prompt action device.

EFFECT: use of the invention allows to improve the reliability of finding signs of disease.

15 cl, 9 dwg



Фиг. 3

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится к устройству обработки сигналов для автоматической оценки сигнала фонокардиограммы. Настоящее изобретение также относится к способу действия устройства обработки сигналов для автоматической оценки сигнала фонокардиограммы. Кроме того, настоящее изобретение относится к компьютерному программному продукту, содержащему команды, позволяющие устройству обработки сигналов выполнять способ действия устройства обработки сигналов для обработки сигнала фонокардиограммы.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Обследование тонов сердца обеспечивает хороший и многократно доказанный способ оценки физического состояния сердца пациента во время физического обследования. В своей классической форме обследование тонов сердца требует только стетоскопа и врача, опытного в интерпретации тонов, которые он слышит. Помещая стетоскоп в различные места на груди пациента, возможно выделять различные компоненты тона сердца. Таким образом, тон сердца может быть разделен на его компоненты, потому что полный тон сердца создается несколькими источниками звука, распределенными внутри и вокруг сердца. Сердечные клапаны создают наиболее заметные тона. Другим источником тонов сердца является турбулентный поток крови, создающий так называемые шумы сердца.

Частота основных тонов сердца находится в низкочастотной области, где чувствительность человеческого уха низкая. Возникновение близко расположенных кардиальных событий в пределах длительности короткого цикла нестационарного сигнала тона сердца мешает анализировать тона сердца. Для преодоления этих ограничений использовались автоматизированные способы цифровой обработки сигналов.

Сообщалось о многочисленных методологиях сбора данных и анализа тонов сердца и сигналов фонокардиограммы, которые могут рассматриваться как представление тонов сердца в некотором другом формате, например записанном на бумаге, магнитной ленте или в цифровом формате, сохраняемом системой обработки данных.

Многочисленные другие виды представления тона сердца как сигнала фонокардиограммы (PCG) также возможны и будут охватываться термином "фонокардиограмма". Некоторые методологии автоматической оценки сигнала фонокардиограммы следуют подходу "черного ящика", в котором входным сигналом является сигнал PCG вместе со вспомогательным сигналом электрокардиограммы (ECG). Выходной сигнал основывается исключительно на статистической обработке сигнала PCG и дополнительно сигнала ECG. Пример автоматического анализа тонов сердца представлен в статье "Heart sound segmentation algorithm based on instantaneous energy of electrocardiogram" авторов Malarvini и др., опубликованной в 2003 г. в "Computers in Cardiology", стр. 327-330. В 1987 г. Lehner и Rangayyan написали статью "A three channel microcomputer system for segmentation and characterization of the phonocardiogram", опубликованную в "IEEE Transactions on Biomedical Engineering", 34. Ранее, в 1962 г. Gerbarg и др. опубликовали статью "Analysis of phonocardiogram by a digital computer" в "Circulation Research", 11, стр. 569-576. Когда в известных методологиях используется вспомогательный сигнал ECG, сигнал ECG обычно только помогает при сегментации сигнала PCG.

В некоторых случаях необходимость вспомогательного сигнала исключается или используется другой вспомогательный сигнал, но анализ все же основан исключительно на содержании сигнала PCG. Примеры можно найти в следующих статьях:

Liang H. и др. (1997): "A heart sound segmentation algorithm using wavelet decomposition and reconstruction", Engineering in Medicine and Biology society, 4, стр. 1630-1633.

Gamero L. G. и Watrous R. (2003): "Detection of the first and second heart sound using probabilistic models", Engineering in Medicine and Biology society, 25th Intl. Conf, стр. 2877-2880.

Omran S. and Tayel M. (2004): "A heart sound segmentation and feature extraction algorithm using wavelets", First Intl. symposium on control, communication and signal processing, стр. 235-238.

Sharif Z. и др. (2000): "Analysis and classification of heart sounds and murmurs based on the instantaneous energy and frequency estimations", TENCON 2000 Proceedings, 2, стр. 130-134.

Существующие технологии направлены либо на обеспечение лучшего представления кардиальных событий сигнала PCG, либо на представление системы автоматического классификатора для прогнозирования кардиальных нарушений. Качество диагноза кардиального нарушения может быть улучшено, объединяя анализ сигнала PCG с дополнительной информацией, такой как биомедицинские параметры пациента (возрастная группа, пол, средняя частота сердечных сокращений, история болезни, физические особенности и т.д.). Патент США № 5687738 (Shapiro и др.) и патент США № 6572560 (Watrous и др.) описывают технологии анализа сердечных тонов, которые учитывают историю болезни пациента.

Патентная заявка США № US 2005/0090755A1 (Guion и др.) описывает анализ полученных путем прослушивания тонов, используя разложение единого значения. Анализ выполняет итерации для известных физиологических условий и связанных с ними тонов сердца. Во время каждой итерации определяется мера схожести между тонами при приостановке сердца и тонами сердца, связанными с конкретным физиологическим состоянием. Анализ приводит к результату, основанному на наиболее схожих тонах сердца.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

При болезнях сердца, демонстрирующих сложное патофизиологическое представление, важно рассмотреть все аспекты истории болезни и физического обследования, чтобы прийти к разумно обоснованному набору различных диагнозов. Принципы, раскрытые здесь, подкрепляют аспекты клинического обследования и диагностики. Все данные рассматриваются и представляются в совокупности, чтобы помочь врачу в определении набора различных диагнозов, ни один из которых в настоящий момент не использует возможности технологий диагностики, основанных на PCG.

Раскрытые здесь принципы предусматривают интерактивное взаимодействие с пользователем, при котором, в зависимости от конкретного варианта осуществления, пользователь может проверять и корректировать результаты обследования на каждом этапе диагностики. Основываясь на априорной базе знаний, устройство или способ также подсказывают пользователю требуемые вводы, если они отсутствуют. Прогнозы патологий и точности их прогнозирования обновляются, основываясь на пользовательских коррекциях и дополнительных вводах. Поэтому они действуют как система поддержки принятия решений, которая позволяет механизму коррекции ошибок учитывать неточности алгоритма. Кроме того, устройство или способ могут использоваться для помощи при обучении основам охраны здоровья по мере того, как правила анализа PCG, сопровождаемого экспертной системой, встраиваются в базу знаний системы.

Дефицит обученных врачей и нехватка экономически эффективных устройств делают

кардиальное обследование трудным в удаленных/сельских областях. Заявленная система может использоваться в качестве экономически выгодной системы скрининга; врачу необходимо только собрать соответствующие медицинские данные и данные PCG (использующий стандартный цифровой стетоскоп), чтобы подать их в систему.

5 Система также позволяет иметь режим обучения, в котором коррекции ошибок, осуществляемые клиническим пользователем на основе от случая к случаю, могут использоваться, чтобы обновлять базу знаний и корректировать сопутствующие вероятности. Механизм обучения обеспечивает гибкость для регулировки системы для конкретного способа получения диагноза, сопровождаемого врачом.

10 Изобретатели настоящего изобретения реализовали эффективный способ получения очень точного и достоверного результата, который может быть осуществлен как основанный на правилах подхода к обследованию. В контексте основанного на правилах подхода патологические признаки многих результатов обследования для получения симптомов, в случае необходимости, могут быть либо исключены, либо подчеркнуты
15 другим симптомом или параметром оценки.

Было бы желательно обеспечить устройство обработки сигналов, реализующее эффективную и/или гибкую последовательность выполнения операций, начиная от получения тонов сердца и до окончательного результата, который может указывать
20 результаты обследования пациента. Это пожелание и/или возможные другие пожелания осуществляются устройством обработки сигналов, содержащим фонокардиограммный интерфейс, процессор и устройство управления последовательностью операций.

Фонокардиограммный интерфейс выполнен с возможностью приема сигнала фонокардиограммы, полученного от пациента в соответствии с первым набором собираемых свойств. Процессор выполнен с возможностью анализа сигнала
25 фонокардиограммы и первого набора собираемых свойств, чтобы определить результат анализа для сигнала фонокардиограммы и доверительного значения определенного результата анализа. Устройство управления последовательностью операций выполнено с возможностью определения, основываясь по меньшей мере на определенном
30 результате анализа или доверительном значении, возможно ли при последующем сборе данных для сбора сигнала фонокардиограммы от пациента в соответствии со вторым набором собираемых свойств повышение точности определенного результата анализа, и в таком случае координирования последующего сбора данных для сбора сигнала фонокардиограммы, соответствующего второму набору собираемых свойств.

Фонокардиограммный интерфейс может быть выполнен с возможностью приема
35 сигнала фонокардиограммы, например, в акустическом формате, в электрическом формате, в аналоговом формате, в цифровом формате, как вектор или как поток данных.

Цель анализа, выполняемого процессором, заключается в нахождении симптома заболеваний сердца или (по меньшей мере) исключения определенного заболевания сердца с достаточно высокой надежностью. Это может быть достигнуто, например,
40 сравнивая сигнал фонокардиограммы с множеством хранящихся сигналов фонокардиограмм, причем каждый из хранящихся сигналов фонокардиограмм связывается с определенным физиологическим состоянием. Доверительное значение может основываться, например, на степени подобия между собранным сигналом фонокардиограммы и хранящимися сигналами фонокардиограмм. Устройство
45 обработки сигналов может быть выполнено с возможностью предложения прекращения обследования тонов сердца, если доверительное значение для определенного результата анализа достаточно высоко, и/или если последующий сбор данных или несколько последующих сборов данных вряд ли улучшат точность определенного результата

анализа и/или доверительное значение. Устройство обработки сигналов необязательно является компактным устройством, оно может быть также распределенной системой. Компоненты такой распределенной системы могут взаимно соединяться соответствующими соединениями, такими как кабельные или беспроводные соединения.

5 Устройство управления последовательностью операций определяет, должен ли проводиться последующий сбор данных, чтобы улучшить определенный результат анализа. В таком случае устройство управления последовательностью операций также определяет, какой вид последующего сбора данных должен быть выполнен. В зависимости от того, какого рода должен быть выполнен последующий сбор данных, 10 устройство управления последовательностью операций извлекает набор собираемых свойств из устройства хранения и может распределять параметры конфигурации, связанные с набором собираемых свойств, по подблокам устройства обработки сигналов. Можно предусмотреть, чтобы устройство управления последовательностью операций или другой элемент устройства обработки сигналов были выполнены с 15 возможностью зависимости собираемых свойств и/или параметров конфигурации от других данных, которые могут быть доступны устройству обработки сигналов, таких как история болезни пациента, его/ее возраст, вес и т.д. Устройство управления последовательностью операций предназначено для постепенного направления устройства обработки сигналов и/или пользователя устройства обработки сигналов к 20 окончательно определяемому результату анализа, если возможно, эффективным способом.

Было бы также желательно, чтобы устройство обработки сигналов определяло результат анализа по информации, отличной от сигнала фонокардиограммы. Это пожелание и/или возможные другие пожелания реализуются устройством обработки 25 сигналов, дополнительно содержащим интерфейс данных, выполненный с возможностью приема данных пациента, относящихся к пациенту. Процессор может быть дополнительно выполнен с возможностью рассмотрения принятых данных пациента для определения результата анализа. Данные пациента, такие как возраст, вес и история болезни пациента, могут представлять ценную информацию для определения результата 30 анализа. Например, может случиться так, что тона сердца при двух различных физиологических состояниях схожи, так что может быть трудно классифицировать собранный сигнал фонокардиограммы в одном или другом физиологическом состоянии. Данные пациента могут помочь классифицировать собранный сигнал фонокардиограммы, например, потому что благодаря информации, содержащейся в 35 данных пациента, одно (или несколько) физиологическое состояние может быть исключено. Интерфейс данных может быть клавиатурой, манипулятором, таким как компьютерная мышь, дисплеем, сенсорным экраном, соединением с базой данных, общим сетевым соединением, дисководом или их комбинацией. Этот список не является исчерпывающим.

40 Может быть также желательно, чтобы устройство обработки сигналов помогало в определении вероятного кардиального нарушения пациента. Это пожелание и/или возможные другие пожелания реализуются устройством обработки сигналов, в котором дополнительно присутствуют базы знаний, содержащие связи между симптомами и кардиальными нарушениями. Симптомы являются информацией, которая может быть 45 собрана во время обследования пациента и может содержать признаки сигнала фонокардиограммы, сам сигнал фонокардиограммы и другие сведения. Связи между симптомами и кардиальными нарушениями могут быть простыми связями типа "да/нет" или другим типом связи. В частности, связи между симптомами и кардиальными

нарушениями могут содержать весовой коэффициент, представляющий величину корреляции между симптомом и кардиальным нарушением. Весовые коэффициенты могут быть получены из статистических обследований кардиальных нарушений и их симптомов. Можно предусмотреть, чтобы база знаний могла обновляться посредством

5 соединения с центральным пунктом обработки данных, в который загружаются самые последние обследования и результаты обследований, которые должны обрабатываться и делаться доступными общественности или подписчикам.

Может быть также желательным, чтобы устройство обработки сигналов могло быть выполнено с возможностью выполнения того способа, которым обычно действует

10 пользователь при работе с устройством обработки сигналов пользователя. Это пожелание и/или возможные другие пожелания реализуются устройством обработки сигналов, дополнительно содержащим интерфейс пользователя, выполненный с возможностью приема пользовательского ввода, причем база выполняется с

возможностью оценки пользовательского ввода и изменения связей между симптомами

15 и кардиальным нарушением в соответствии с пользовательским вводом. Например, устройство обработки сигналов может использоваться в определенной среде, такой как детское медицинское отделение или дом престарелых. При обследовании детей на наличие кардиальных нарушений возможно, что центр внимания обследования отличается от центра внимания обследования, применяемого к пожилым людям.

Посредством интерфейса пользователя пользователь может отвергнуть некоторые предложения по дальнейшим этапам обследования, предложенным устройством

20 обработки сигналов. Причина так поступить для пользователя может состоять в том, что он или она может захотеть сначала проверить кардиальные нарушения, которые более вероятны, учитывая имеющийся под рукой тип пациента, который обычно

25 обследуется в медицинском учреждении. Оценивая пользовательский ввод, база знаний может изменить свою конфигурацию так, чтобы измененная пользователем конфигурация могла использоваться в будущем. База знаний может запросить у пользователя, например, через интерфейс пользователя, одобряет ли пользователь такое изменение конфигурации.

База знаний может быть выполнена с возможностью осуществления

30 структурированного подхода к принятию заключения о возможном кардиальном нарушении. База знаний может быть выполнена с возможностью управления устройством управления последовательности операций в соответствии со структурированным подходом. Связь или взаимодействие между базой знаний и

35 устройство управления последовательностью операций позволяют, чтобы структурированный подход не был жестко фиксированным, а имел возможность адаптации к промежуточным результатам, полученным во время процедуры обследования. Например, база знаний может давать команды на устройство управления последовательностью операций, чтобы координировать последующий сбор данных в

40 соответствии с набором собираемых свойств, предоставляемых базой знаний. Набор собираемых свойств может также определяться на основе информации, предоставленной базой знаний. Таким образом, лишние этапы обследования могут быть исключены.

Может также быть желательно, чтобы пользователь мог иметь возможность изменения собираемых свойств самостоятельно. Это пожелание и/или возможные другие

45 пожелания реализуются устройством обработки сигналов, дополнительно содержащим интерфейс пользователя, выполненный с возможностью приема пользовательского ввода, и устройство управления последовательностью операций, выполненное с возможностью оценки пользовательского ввода и изменения второго набора собираемых

свойств в соответствии с пользовательским вводом.

5 Может быть желательным, чтобы устройство обработки сигналов использовало различные опции и варианты выбора для получения тонов сердца. Это пожелание и/или возможные другие пожелания реализуются по меньшей мере первым набором собираемых свойств или вторым набором собираемых свойств, содержащим место прослушивания. Квалифицированный выбор места прослушивания может обеспечить фонокардиограмму с тонами сердца, пригодную для сужения количества возможных результатов анализа.

10 Может также быть желательным облегчить или улучшить анализ сигнала фонокардиограммы, обеспечивая данные, коррелируемые с сигналом фонокардиограммы. Это пожелание и/или возможные другие пожелания реализуются устройством обработки сигналов, дополнительно содержащим стробируемый интерфейс, выполненный с помощью приема сигнала стробирования, индицирующего сегментацию последовательных кардиальных циклов. Может случиться так, что сигнал
15 фонокардиограммы слаб или отличается от сигнала нормальной формы, встречающегося у здоровых людей. При этих условиях может быть трудным определить различные фазы цикла сердца исключительно на основе одного только сигнала фонокардиограммы.

20 Может также быть желательно, чтобы сигнал стробирования (если используется) легко обнаруживался и достаточно коррелировался с сигналом фонокардиограммы. Это пожелание и/или другие пожелания реализуются при использовании сигнала стробирования, являющегося сигналом электрокардиограммы. Получение сигнала электрокардиограммы выполняется довольно легко. Электрокардиограмма (ECG) представляет электрическую активность сердца, управляющую сердечной мышцей и,
25 таким образом, косвенно кровотоком через сердце.

В отношении другого варианта принципов, раскрытых здесь, может быть желательным, чтобы устройство обработки сигналов для сигнала фонокардиограммы могло обеспечивать определенную степень интерактивности с пользователем устройства на различных этапах процедуры обработки сигналов. Это пожелание и/или возможные
30 другие пожелания реализуются устройством обработки сигналов, содержащим фонокардиограммный интерфейс, процессор и интерфейс пользователя. Фонокардиограммный интерфейс выполнен с возможностью приема сигнала фонокардиограммы, полученного от пациента. Процессор выполнен с возможностью анализа сигнала фонокардиограммы, чтобы определить результат анализа для сигнала
35 фонокардиограммы. Интерфейс пользователя выполнен с возможностью представления собранного сигнала фонокардиограммы пользователю устройства обработки сигналов. Интерфейс пользователя также выполнен с возможностью приема пользовательских коррекций, имеющих отношение к действиям по обработке данных, выполняемым процессором для собранного сигнала фонокардиограммы. Процессор дополнительно
40 выполнен с возможностью повторного анализа сигнала фонокардиограммы, основываясь на пользовательской коррекции.

Сигнал фонокардиограммы может быть представлен пользователю различными способами, например посредством визуального представления или воспроизведения сигнала фонокардиограммы в виде тонового сигнала. При визуальном представлении
45 пользователь может изменять масштаб изображения отображаемого на экране сигнала фонокардиограммы. Сигнал фонокардиограммы может также быть представлен как график в координатах время-частота, созданный, например, посредством быстрого преобразования Фурье (FFT). В случае акустического представления сигнала

фонокардиограммы сигнал может воспроизводиться с более медленной скоростью, возможно с сохранением основного тона. Частота сигнала может также смещаться на более высокие тона, для которых человеческое ухо более чувствительно.

5 Пользовательская коррекция может иметь отношение по меньшей мере к сегментации или классификации собранного сигнала фонокардиограммы. Таким образом, пользователь может помочь в сегментации сигнала фонокардиограммы на различные сегменты, а также в классификации этих сегментов и/или всего сигнала фонокардиограммы.

10 Раскрытые здесь принципы могут также использоваться в контексте способа действия устройства обработки сигналов для обработки сигнала фонокардиограммы. Способ содержит этапы, на которых:

- принимают сигнал фонокардиограммы, собранный от пациента, соответствующий первому набору собираемых свойств,
- анализируют сигнал фонокардиограммы и первый набор собираемых свойств,
- 15 - определяют результат анализа для сигнала фонокардиограммы и доверительное значение для определенного результата анализа,
- определяют, возможно ли улучшение точности определенного результата анализа посредством последующего сбора сигнала фонокардиограммы от пациента в соответствии со вторым набором собираемых свойств, и
- 20 - координируют последующий сбор сигнала фонокардиограммы в соответствии со вторым набором собираемых свойств.

Предложенный способ действия управляет совместным действием различных подблоков устройства обработки сигналов и является техническим способом. Предложенный способ может также управлять совместным действием нескольких

25 компонентов технической системы, когда компоненты более или менее удалены друг от друга. Способ может дополнительно содержать руководство пользователем по структурированному подходу для получения заключения о возможном кардиальном нарушении, основываясь на определенном результате анализа.

Способ может дополнительно содержать этапы, на которых принимают

30 пользовательский ввод и изменяют структурированный подход в соответствии с пользовательским вводом, чтобы приспособить структурированный подход к предпочтениям пользователя. Способ может дополнительно содержать действия, соответствующие признакам, описанным в описании и/или в формуле изобретения, относящимся к устройству обработки сигналов. Например, способ может содержать

35 этапы, на которых принимают данные пациента, оценивают базу знаний, содержащую связи между симптомами и кардиальными нарушениями, принимают и оценивают пользовательский ввод, чтобы изменить связи между симптомами и кардиальными нарушениями согласно пользовательскому вводу, управляют устройством управления последовательностью операций в соответствии со структурированным подходом и/или

40 принимают сигнал стробирования, индицирующий сегментацию последовательных кардиальных циклов. Способ может содержать действие по представлению собранного сигнала фонокардиограммы пользователю и другое действие по приему пользовательской коррекции от пользователя. Пользовательская коррекция может использоваться для сегментации или классификации сигнала фонокардиограммы или его частей.

45

Принципы, раскрытые здесь, могут также использоваться в контексте компьютерного программного продукта, содержащего команды, позволяющие процессору выполнять способ действия устройства обработки сигналов для обработки сигнала

фонокардиограммы. Способ содержит этапы, на которых:

- принимают сигнал фонокардиограммы, собранный от пациента, соответствующий первому набору собираемых свойств,
- анализируют сигнал фонокардиограммы и первый набор собираемых свойств,
- 5 - определяют результат анализа для сигнала фонокардиограммы и доверительное значение для определенного результата анализа,
- определяют, возможно ли улучшение точности определенного результата анализа посредством последующего сбора сигнала фонокардиограммы от пациента в соответствии со вторым набором собираемых свойств, и
- 10 - координируют последующий сбор сигнала фонокардиограммы соответственно второму набору собираемых свойств.

Устройство и способ, соответствующие раскрытым здесь принципам, могут осуществлять априорное знание о: 1) интересующих биомедицинских параметрах, 2) их корреляции с кардиальными событиями и 3) поведении кардиальных событий и биомедицинских параметров в отношении различных патологических состояний сердца. Априорная база знаний развивается, основываясь на данных, вводимых опытными врачами, и рекомендациях стандартных клинических сообществ.

Эти и другие варианты изобретения будут очевидны и объяснены со ссылкой на варианты осуществления, описанные ниже.

20 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Фиг.1 - схематическая блок-схема устройства обработки сигналов в соответствии с раскрытыми здесь принципами.

Фиг.2 - схематичная блок-схема другого варианта осуществления устройства обработки сигналов в соответствии с раскрытыми здесь принципами.

25 Фиг.3 - схематичная блок-схема последовательности выполнения операций способа, соответствующего раскрытым здесь принципам.

Фиг.4 - схематичная блок-схема последовательности выполнения операций способа действия устройства обработки сигналов, соответствующего раскрытым здесь принципам.

30 Фиг.5 - таблица, поясняющая первый вариант базы знаний, реализованной в варианте осуществления устройства обработки сигналов в соответствии с раскрытыми здесь принципами.

Фиг.6 - другая таблица базы знаний, реализованной в варианте осуществления устройства обработки сигналов в соответствии с раскрытыми здесь принципами.

35 Фиг.7 - схематичная и частичная иллюстрация структурированного подхода в соответствии с раскрытыми здесь принципами.

Фиг.8 - пример применения устройства обработки сигналов в соответствии с раскрытыми здесь принципами.

40 Фиг.9 - пример графического представления сигнала фонокардиограммы и соответствующих аннотаций, отображаемых на экране устройства обработки сигналов.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Изобретение описано ниже со ссылкой на чертежи. Следует понимать, что варианты осуществления и варианты описанного изобретения являются только примерами и никоим образом не ограничивают защищаемый объем формулы изобретения.

45 Изобретение определяется формулой изобретения и ее эквивалентами. Следует также понимать, что признаки варианта могут объединяться с признаком другого варианта или вариантов.

На Фиг.1 схематично показана блок-схема устройства 100 обработки сигналов,

соответствующего раскрытым здесь принципам. Сигнал фонокардиограммы PCG принимается на интерфейсе PCGI фонокардиограмм. Интерфейс PCGI фонокардиограмм может быть интерфейсом цифрового стетоскопа, микрофона, выполненного с
возможностью сбора сигнала фонокардиограммы, непосредственно микрофоном или
5 другим соответствующим средством для приема сигнала PCG фонокардиограммы в формате, в котором доступен сигнал PCG фонокардиограммы. Сигнал PCG фонокардиограммы направляется на блок процессора PU (процессор). Процессор PU анализирует сигнал PCG фонокардиограммы, например, разлагая сигнал PCG фонокардиограммы в частотно-временной области. Другой возможностью может быть
10 вейвлет-анализ сигнала PCG фонокардиограммы. Процессор PU также принимает собираемые свойства CP, указывающие, при каких обстоятельствах был собран сигнал PCG фонокардиограммы. Собираемые свойства CP могут содержать место прослушивания, информацию о том, дышал пациент или задерживал дыхание, информацию о том, был ли пациент в покое или выполнял физические упражнения
15 перед обследованием, и/или другую информацию. Основываясь на сигнале PCG фонокардиограммы и собираемых свойствах CP процессор PU определяет результат RES анализа. Определение результата RES анализа может опираться на сравнение сигнала PCG фонокардиограммы с образцами сигналов фонокардиограмм, хранящимися в памяти SМЕМ образцов устройства 100 обработки сигналов. Как альтернатива или
20 как дополнение к сравнению с образцом сигнала фонокардиограммы процессор PU может анализировать сигнал PCG фонокардиограммы, извлекая соответствующие признаки из сигнала PCG фонокардиограммы. Этими признаками могут быть максимумы амплитуды сигнала фонокардиограммы, частоты участков сигнала фонокардиограммы, количества и временные соотношения наиболее заметных участков
25 в сигнале фонокардиограммы и т.д. Процессор PU может затем сопоставлять определенные признаки сигнала PCG фонокардиограммы с заданными порогами или числовыми диапазонами, приходя к результату RES анализа. Процессор PU также вычисляет доверительные значения CV, обозначающие уровень доверия для результата RES анализа.

30 Результат RES анализа и доверительное значение передаются на выходной интерфейс ОI. Выходной интерфейс ОI отображает результат RES анализа и доверительные значения CV пользователю устройства 100 обработки сигналов. Выходной интерфейс ОI может быть дисплеем или экраном. Можно также себе представить, что выходной интерфейс ОI информирует пользователя акустически о результате RES анализа и
35 доверительных значениях CV.

Результат RES анализа и доверительные значения CV также передаются от процессора PU к устройству FC управления последовательностью операций. Устройство FC управления последовательностью операций оценивает результаты RES анализа и доверительные значения CV, чтобы определить, стоит ли рекомендовать последующий
40 сбор данных для получения сигнала PCG фонокардиограммы от пациента. Устройство FC управления последовательностью операций также определяет, может ли изменение собираемых свойств CP улучшить качество и точность определенного результата RES анализа. Устройство FC управления последовательностью операций дает команду на модуль DBA доступа к базе данных загрузить другой набор собираемых свойств CP из
45 базы DBCP данных собираемых свойств, если было решено, что последующий сбор данных с использованием другого набора собираемых свойств CP, вероятно, должен улучшить качество определяемого результата анализа. Заметим, что результат RES анализа, определенный ранее, может стать недействительным после того, как был

выполнен последующий сбор данных и процессор PU проанализировал сигнал PCG фонокардиограммы, собранный во время последующего сбора данных. Устройство FC управления последовательностью операций направляет данные FCD управления последовательностью операций на выходной интерфейс OI, чтобы сообщить
5 пользователю устройства 100 обработки сигналов о следующем(их) действии(ях), которое(ые) должно(ы) выполняться. Выходной интерфейс OI также получает новый набор собираемых свойств CP, который будет отображаться пользователю. Таким образом, выходной интерфейс OI может информировать пользователя о необходимых изменениях в собираемых свойствах, таких как изменение места прослушивания или
10 следует ли давать пациенту команду дышать или задержать дыхание.

Пользователь может подтвердить, что он изменил получаемые свойства, как предложено устройством FC управления последовательностью операций, вместе с базой DBCP данных собираемых свойств. В альтернативном варианте процессор PU может обнаружить изменение собираемых свойств, выполняемое пользователем, в то время
15 когда сигнал PCG фонокардиограммы был изменен или отсутствовал в течение короткого периода времени.

Система или устройство могут принимать следующие вводы: 1) биомедицинские параметры пациента, например возраст, пол, история болезни, физические симптомы и т.д., 2) место прослушивания, то есть местоположение стетоскопа на груди пациента
20 и 3) сегментированные кардиальные циклы сигнала PCG.

Клинические данные для биомедицинских параметров могут быть получены физическим обследованием пациента, а также из истории болезни пациента. Записи тонов сердца в различных местах прослушивания могут быть получены, используя
25 любой стандартный цифровой стетоскоп. Система (или устройство) получает сегментированные кардиальные циклы в заданном месте прослушивания в качестве входных данных. В целом, кардиальные циклы из записи тонов сердца пациента могут быть извлечены многими способами. Например, 1) использование вспомогательного сигнала ECG, если имеется, 2) использование некоторого другого сигнала стробирования,
30 3) использование способов обработки сигналов без необходимости вспомогательного сигнала, 4) физическая сегментация записи тонов сердца и т.д.

Входные циклы тонов сердца обрабатываются системой (или устройством), чтобы извлечь интересующие кардиальные признаки. Алгоритмы системы используют стандартную цифровую обработку сигналов и способы классификации по образцам для анализа циклов сердца. Биомедицинская информация о цикле тонов сердца, например
35 средняя продолжительность систолы, диастолы, S1 и S2 и т.д., также используется для извлечения признаков. Кардиальные признаки, идентифицированные системой, отмечаются как аннотации на цикле тонов сердца, чтобы предоставить пользователю графический дисплей.

Система поддерживает базу знаний в форме таблиц, как показано на Фиг.5 и 6.
40 Поддерживается информация: 1) о различных патологических состояниях сердца, 2) о признаках сигналов тонов сердца, 3) об интересующих биомедицинских параметрах, 4) о правилах анализа PCG и корреляции между этими фрагментами информации. Эта информация, наряду с кардиальными признаками, извлеченными алгоритмами системы, используется для прогнозирования патологического состояния сердца.

Основываясь на введенных клинических данных, система оценивает возможные патологические состояния, используя базу знаний и идентифицированные кардиальные события. Клиническому пользователю представляется набор возможных определенных
45 количественных прогнозов и идентифицированных кардиальных признаков. Используя

базу знаний, система также подсказывает пользователю, если требуется, дополнительный ввод клинических данных, чтобы подкрепить конкретный прогноз или принять решение по неоднозначности между возможными патологическими состояниями. Набор результатов, то есть количественные прогнозы, обновляется, основываясь на

5 дополнительно введенных клинических данных, предоставленных пользователем.

Система позволяет клиническому пользователю подтвердить и корректировать кардиальные признаки, полученные посредством алгоритмов системы. Если клинический пользователь находит, что определенный кардиальный признак, идентифицированный системой, неправилен, пользователь может его скорректировать. Пользовательская

10 коррекция принимается системой, и прогнозы соответственно переоцениваются.

Одновременно система также учится на указанных пользователем коррекциях, регулируя в базе знаний внутренние относительные вероятности.

На Фиг.2 показана блок-схема другого варианта осуществления устройства 100

15 обработки сигналов, соответствующего раскрытым здесь принципам. Элементы,

показанные на Фиг.1, которые были описаны выше, необязательно упоминаются снова в последующем описании Фиг.2. Помимо элементов, уже объясненных выше, вариант

20 осуществления устройства 100 обработки сигналов, показанного на Фиг.2,

дополнительно содержит базу KB знаний. База KB знаний содержит связи между

25 симптомами и заболеваниями сердца. Эти связи могут реализовываться как числовое

значение, называемое "вес". База KB знаний соединяется с процессором PU, так чтобы

30 процессор PU мог сравнивать симптомы и свойства, обнаруженные в сигнале PCG

фонокардиограмме, с записями, содержащимися в базе знаний KB. Устройство 100

40 обработки сигналов, показанное на Фиг.2, также содержит интерфейс DI данных,

выполненный с возможностью приема данных PD пациента. Интерфейс DI данных

50 соединяется с процессором PU, чтобы передавать данные PD пациента процессору PU.

База KB знаний назначает веса, то есть доверительные коэффициенты различным

60 симптомам, связанным с кардиальными нарушениями, которые используются для

количественного определения точностей прогнозов, создаваемых системой. Эти

65 доверительные коэффициенты могут также точно настраиваться клиническим

пользователем в соответствии с его/ее предпочтением в отношении диагноза.

Процессор PU может идентифицировать интересующие кардиальные признаки из

70 цикла тонов сердца, используя комбинацию способов стандартной цифровой обработки

сигналов и распознавания образов вместе с биомедицинскими характеристиками сигнала

75 тонов сердца.

Информация о пациенте из всех источников, таких как история болезни, физическое

80 обследование и обследования, рассматривается во всей целостности наряду с признаками

кардиальных сигналов, чтобы прийти к диагнозу. Корреляция всех этих аспектов и их

85 относительных вероятностей учитывается для количественного прогнозирования

патологий.

Дополнительно, устройство 100 обработки сигналов, показанное на Фиг.2, содержит

90 стробируемый интерфейс GI, выполненный с возможностью приема стробируемых

данных GD, которые могут также направляться на процессор PU.

Процессор PU может проанализировать сигнал PCG фонокардиограммы, данные

95 PD пациента, данные GD стробирования и информацию, предоставленную из базы KB

знаний, чтобы определить результат RES анализа и доверительное значение CV. Данные

100 GD стробирования помогают при сегментации сигнала PCG фонокардиограммы. Данные

PD пациента могут вызывать изменение некоторых весовых коэффициентов,

используемых процессором PU. Например, может быть возможным, что база KB знаний

содержит различные записи для пациентов различных возрастных групп, таких как дети, подростки, взрослые и пожилые люди.

Устройство 100 обработки сигналов, показанное на Фиг.2, дополнительно содержит интерфейс UI пользователя, выполненный с возможностью приема данных UPD обновления от устройства 100 обработки сигналов пользователя. Данные UPD обновления содержат пользовательский ввод, отражающий предпочтение пользователя в отношении последовательности процедуры обследования и/или содержания RES результата анализа. Интерфейс UI пользователя соединяется с базой DVCP данных собираемых свойств и базой KB знаний. Данные UPD обновления, принятые от пользователя, направляются в базу DVCP данных собираемых свойств и/или базу KB знаний, так чтобы эти два элемента устройства 100 обработки сигналов могли обновить данные, которыми они оперируют. Таким способом пользователь может обучать устройство 100 обработки сигналов, например, в определенной ситуации использовать другой набор собираемых свойств. Пользователь может также выполнить устройство 100 обработки сигналов с возможностью изменения порядка или приоритета последовательностей сбора данных. Устройство 100 обработки сигналов может, таким образом, изменять свою конфигурацию во времени, приспособляясь к потребностям пользователя, и, таким образом, за меньшее время доставлять более точные результаты (по меньшей мере настолько, насколько конфигурация пользователя может быть расценена как правильная).

На Фиг.3 схематично показана блок-схема последовательности выполнения операций устройством обработки сигналов в соответствии с раскрытыми здесь принципами. Способ начинается с двух записей данных, а именно записи 301 данных фонокардиограммы и записи 303 данных пациента. Запись 301 фонокардиограммы подвергается обработке сигнала на этапе 302. Этап 302 обработки сигналов может содержать фильтрацию, сегментирование и/или преобразование данных 301 фонокардиограммы.

Данные 301 сигнала преобразованной фонокардиограммы и данные пациента поступают на этап 304, на котором определяются результат анализа и доверительное значение. Определение результата анализа и доверительного значения может основываться на базе знаний, содержащей связи между симптомами и заболеваниями сердца. Симптомы могут содержаться в данных 301 фонокардиограммы или данных 303 пациента. Основываясь на предоставленных входных данных, система может разумно прогнозировать патологическое состояние и обеспечивать набор клинических результатов обследования и сопутствующую количественную оценку патологических возможностей. Используя систему баз знаний, система может также обеспечивать перечень контрольных вопросов, который уведомляет клинического пользователя о необходимости предоставить дополнительный ввод, если он требуется для повышения точности диагностики. Если дополнительные вводы предоставлены, система повторно оценивает клинические результаты обследования и сопутствующий набор результатов. По существу, этот интерактивный механизм позволяет клиническому пользователю производить фильтрацию для отбора наилучшего прогноза.

Определенный результат анализа и доверительное значение отображаются для пользователя на этапе 305. Как вариант, данные 301 фонокардиограммы могут также передаваться пользователю или выводиться пользователю в виде акустического сигнала через громкоговоритель или наушники. Таким образом, пользователь может получить представление о том, как выглядит или звучит сигнал PCG фонокардиограммы.

Например, циклы тонов сердца могут быть представлены пользователю графически

и идентифицированные кардиальные признаки могут быть указаны на графическом дисплее как аннотации. Другие биомедицинские параметры пациента могут быть представлены в табличном формате.

Способ, а также устройство обработки сигналов могут обеспечивать механизм коррекции ошибок. Если пользователь обнаруживает, что автоматический прогноз системы в отношении кардиальных признаков является неправильным, пользователь может скорректировать его. Система повторно оценивает свои результаты обследования и набор результатов, основываясь на пользовательской коррекции. Коррекция ошибок, введенная пользователем, также рассматривается как обучающий ввод для системы и базы знаний и относительные вероятности внутри системы обновляются, чтобы внести поправку в эти ошибки. Способность способа и системы интегрировать пользовательские коррекции, а также учиться на них делает эту систему гибкой системой поддержки принятия решений, подражающей модели диагностики, которой следуют врачи. Эти возможности способа и системы поясняются на этапе 306 Фиг.3 и в последующем относящемся к нему описании.

На этапе 306 принятия решения определяется, ввел или пользователь какой-нибудь ввод, который может интерпретироваться как пользовательская коррекция отображаемого анализа фонокардиограммы. В таком случае способ возвращается к этапу 304, чтобы повторно проанализировать сигнал фонокардиограммы, учитывая пользовательскую(ие) коррекцию(-и), и определить новый результат анализа. Пользовательская коррекция может состоять, например, в перемещении автоматически определенных границ между двумя циклами сигнала фонокардиограммы или между индивидуальными его сегментами. Пользовательская коррекция может также быть ручной переклассификацией отдельных автоматически определенных признаков сигнала фонокардиограммы.

Система может также иметь возможность получать другой ввод, например, ECG и результаты эхо-обследования, чтобы создать расширенную базу знаний, охватывающую более широкий спектр патологий с повышенной точностью.

На этапе 307 принятия решения определяется, требуется ли от пользователя новый ввод. Этот ввод может быть другим сбором данных сигнала PCG фонокардиограммы при других возможностях конфигурации или дополнительной информацией о пациенте. Способ переходит к этапу 308, если было определено, что от пользователя действительно требуется новый ввод, чтобы обеспечить лучший результат анализа и/или улучшенное доверительное значение. На этапе 308 для пользователя отображается, какого рода дополнительные данные требуются. Например, пользователю может быть дана команда изменить местоположение микрофона или цифрового стетоскопа на другое место на груди пациента. Пользователя могут также просить задать пациенту определенный вопрос, такой как, чувствует ли пациент боль в груди. От этапа 308 способ разветвляется обратно к этапу 301 приема записи фонокардиограммы или к этапу 303 приема записи данных пациента. Заметим, что как запись данных фонокардиограммы, так и запись данных пациента или те и другие могут быть обновлены пользователем. Отсюда способ начинает новую итерацию, учитывающую обновленную информацию.

Если на этапе 307 принятия решения было определено, что никакой новый ввод от пользователя не требуется, способ переходит к этапу 309. Критерии определения, требуются ли новые вводы, могут содержать такие критерии, как: достаточно ли высоко доверительное значение, является доверительное значение второго наилучшего результата анализа достаточно малым по сравнению с доверительным значением определенного результата анализа, соответствует ли результат анализа предоставленным

данным пациента, и/или другие соответствующие критерии. На этапе 309 результат анализа и доверительное значение выводятся для предоставления пользователю. Способ заканчивается на этапе 310.

На Фиг.4 показан другой вариант осуществления способа действия устройства обработки сигналов, соответствующего раскрытым здесь принципам. Способ начинается на этапе 401. На этапе 402 первый набор собираемых свойств загружается и на этапе 403 отображается первый набор собираемых свойств. Пользователь устройства обработки сигналов может теперь регулировать начальную настройку обследования, соответствующую отображаемому первому набору собираемых свойств, например, помещая цифровой стетоскоп в место, указанное первым набором собираемых свойств. Затем, на этапе 404 выполняется сбор данных фонокардиограммы. Он может инициироваться нажатием пользователем кнопки или анализом собранных данных фонокардиограммы. Результаты анализа и доверительные значения определяются на этапе 405. На этапе 406 принятия решения определяется, рекомендуется ли последующий сбор данных, соответствующий следующему набору собираемых свойств. В таком случае способ переходит к этапу 407 и загружает следующий набор собираемых свойств. Наборы собираемых свойств могут быть обеспечены базой DVCP данных собираемых свойств. На этапе 408 следующий набор собираемых свойств отображается пользователю, так чтобы пользователь мог снова регулировать начальную настройку обследования в соответствии со следующим набором собираемых свойств. Как вариант, пользовательский ввод и изменяющие собираемые свойства, или ручной выбор другого набора собираемых свойств принимаются на этапе 409. Основываясь на дополнительном пользовательском вводе, на этапе 410 изменяются база DVCP данных собираемых свойств и/или схема устройства управления последовательностью операций, за которыми следит устройство FC управления последовательностью операций. Затем способ возвращается назад к этапу 404, чтобы выполнить последующий сбор данных фонокардиограммы в соответствии со следующим набором собираемых свойств или модифицированным набором собираемых свойств.

Способ переходит к этапу 411, если на этапе 406 принятия решения было определено, что никакой последующий сбор данных согласно следующему набору собираемых свойств не требуется или не является необходимым. На этапе 411 определенные результат анализа и доверительное значение отображаются для показа пользователю. Как вариант, пользователь может вводить некоторые изменения в определенный результат анализа и/или данные, которые привели к определенному результату анализа. Сделанное пользователем изменение принимается на этапе 412 в качестве пользовательского ввода. На другом дополнительном этапе 413 блок-схемы последовательности выполнения операций, показанной на Фиг.4, база знаний изменяется в соответствии с пользовательским вводом. Способ затем заканчивается на этапе 414.

Как можно видеть на блок-схеме последовательности выполнения операций, показанной на Фиг.4, и, в частности, на этапах 409, 410, 412 и 413, способ действия устройства обработки сигналов предлагает возможность самообучения. Обычно устройство обработки сигналов поставляется с заранее сконфигурированным структурированным подходом, обеспечивающим достоверные результаты анализа для большинства пациентов. Если устройство 100 обработки сигналов используется для схожих типов пациентов в течение некоторого периода времени и если пользователь изменяет базу данных собираемых свойств и/или схему устройства FC управления последовательностью операций, то этот вариант осуществления устройства 100 обработки сигналов может быть приспособлен к конкретным условиям анализа тонов

сердца, встречающихся в среде, в которой используется устройство 100 обработки сигналов.

На Фиг.5 и 6 в качестве примера приведены таблицы базы KB знаний. Таблица, показанная на Фиг.5, показывает, как могут быть представлены связи между заболеванием сердца ("Патология") и симптомами. Например, существуют связи между патологией А и симптомами X, y и z. В таблице на Фиг.5 также показаны весовые коэффициенты для симптомов, которые используются для диагностирования патологии А. Соответственно, симптом X имеет относительно низкий весовой коэффициент 10%, симптом y имеет немного более высокий весовой коэффициент 30% и симптом z имеет самый высокий весовой коэффициент 60%.

Дополнительно, в таблице на Фиг.5 также показано, какие обследования должны быть выполнены, чтобы достоверно диагностировать патологию А. Они отмечены на Фиг.5 обобщенными обозначениями "Exam 1" и "Exam 2".

Последний столбец таблицы, показанной на Фиг.5, указывает, какие патологии схожи с данной патологией. В случае патологии А ими являются патологии М и N.

Таблица, показанная на Фиг.5, может быть предварительно заполнена данными, имеющимися в базах медицинских данных, медицинских учебниках и т.д. В зависимости от того, поддерживается ли устройством обработки сигналов или способом действия устройства обработки сигналов интерактивность общения с пользователем, содержание таблицы может обновляться пользователем, чтобы лучше отразить предпочтения.

Таблица, показанная на Фиг.6, содержит связи между кардиальными событиями, наблюдаемыми в сигнале фонокардиограммы, и связанными с ними патологиями. Например, основной тон S1 сердца может наблюдаться с конкретной временной расстановкой или продолжительностью X, y, z у пациента, страдающего патологией А или В. В других столбцах таблицы, показанной на Фиг.6, приводятся степень кардиального события, серьезность и наилучшее местоположение для прослушивания.

Таблица, показанная на Фиг.5, наиболее вероятно, будет использоваться устройством FC управления последовательностью операций, а таблица, показанная на Фиг.6, может использоваться процессором PU.

На Фиг.7 схематично представлен структурированный подход, реализуемый устройством 100 обработки сигналов, и его способ действия. Структурированный подход основан на дифференциальном диагнозе систолического шума. На этапе 701 выполняется сбор данных для систолического выброса. Результат оценивается процессором на этапе блоке 703. Процессор способен классифицировать собранные данные сигнала фонокардиограммы по трем классам. Классами являются "безвредный", "патологический" и "пансистолический".

Предполагая, что процессор классифицировал сигнал фонокардиограммы как "безвредный", устройство FC управления последовательностью операций координирует дополнительный сбор данных, который является конкретным для безвредных результатов обследования на этапе 703. После того как дополнительный сбор данных выполнен, новый сигнал PCG фонокардиограммы оценивается на этапе 704. Новый сигнал фонокардиограммы оптимизируется, чтобы позволить процессору PU дополнительно классифицировать общий безвредный результат. Поэтому процессор имеет хороший шанс классификации сигнала фонокардиограммы по одному из следующих классов: 1) безвредный систолический шум, 2) шумы кровотока, 3) предсердный септальный дефект (случайный факт).

Дополнительно, предполагая, что второй сбор данных сигнала фонокардиограммы подтвердил "шумы кровотока", теперь две дополнительные вероятные возможности

предоставляются в качестве физиологического состояния. Первая вероятная возможность состоит в том, что пациент демонстрирует гемодинамический эффект (то есть лихорадка, гипертиреоз, тяжелая анемия). Вторая вероятная возможность состоит в том, что пациент имеет спортивное сердце. Различие между этими двумя вероятными возможностями может потребовать опроса пациента о симптомах, связанных по меньшей мере с одной из этих двух вероятных возможностей.

Возвращаясь к этапу 702 и теперь предполагая, что собранные данные сигнала PCG фонокардиограммы указывают патологическое состояние, дополнительный сбор данных для обнаруженного патологического результата координируется устройством FC управления последовательностью операций на этапе 705. На этапе 706 последующие собранные данные сигнала PCG фонокардиограммы оцениваются, чтобы сделать различие между следующими четырьмя возможностями: 1) аортальный стеноз, 2) стеноз легочного ствола, 3) гипертрофическая кардиомиопатия, 4) предсердный септальный дефект.

В случае, когда на этапе 702 было обнаружено пансистолическое состояние, структурированный подход направляет пользователя на этап 707, где дополнительный сбор данных конкретно для пансистолических результатов обследования координируется и выполняется. На этапе 708 результат обследования оценивается и классифицируется на следующие вероятные возможности: 1) трехстворчатый рефлюкс, 2) митральный рефлюкс, 3) желудочковый септальный.

Может случиться так, что оценка, выполненная на этапе 702, способна указать тренд в направлении безвредного результата, патологических результатов или пансистолического результата. В этом случае структурированный подход может предложить скоординировать и выполнить первым тот последующий сбор данных сигнала PCG фонокардиограммы, который указывается трендом или тенденцией.

Альтернативно, пользователь может обеспечить устройству 100 обработки сигналов ввод данных, согласно которым он хотел бы сначала выполнить сбор данных, специально, например, для пансистолических результатов обследования. Если такой сбор данных поддерживается устройством 100 обработки сигналов, выбор пользователя может быть запомнен в устройстве FC управления последовательностью операций, так чтобы с этого момента устройство обработки сигналов сначала предлагало выполнить сбор данных специально для пансистолических результатов обследования.

На Фиг.8 показан пример применения устройства обработки сигналов в соответствии с раскрытыми здесь принципами. Пациент 801 обследуется пользователем 802 (показана только рука пользователя), например врачом или медсестрой. Пользователь 802 держит в руке цифровой стетоскоп 803 и цифровой стетоскоп 803 располагается на груди пациента 801. Цифровой стетоскоп 803 соединяется с устройством 100 обработки сигналов. Устройство 100 обработки сигналов содержит дисплей в качестве выходного интерфейса ОI (см. Фиг.1 и 2), показывающий репрезентативное изображение груди пациента. Устройство 100 обработки сигналов в настоящее время отображает на экране команду пользователю 802 об изменении положения стетоскопа с текущего положения в положение верхушки легкого. Команда предоставляется пользователю как текст в диалоговом окне, а также как графическая иллюстрация. Когда пользователь переместил стетоскоп в предложенное положение верхушки легкого, он может нажать кнопку "ОК". Устройство 100 обработки сигналов затем выполнит сбор данных и обработку сигнала фонокардиограммы. В альтернативном варианте пользователь может щелкнуть или нажать кнопку "Cancel" (отмена). В ответ устройство 100 обработки сигналов может представить список возможных других наборов собираемых свойств, из которого

пользователь может выбрать набор собираемых свойств, удовлетворяющий его требованиям и предпочтениям. Областью дисплея устройства 100 обработки сигналов может быть сенсорный экран, так что пользователь может просто коснуться экрана в месте расположения значка, который он хочет выбрать. Может также быть возможным
5 управлять устройством 100 обработки сигналов через речевые команды, так чтобы у пользователя были свободны обе руки.

На Фиг.9 представлен пример идентификации кардиальных событий. Они будут накладываться поверх цикла PCG. Если пользователь хочет скорректировать идентификацию, он или она может выбрать конкретное событие и отредактировать
10 его, например может изменить "Пансистолический шум степени III" на "Средний систолический шум степени II". Аналогично, пользователь может отредактировать последовательность A2/P2 для второго тона сердца, если автоматическая идентификация является неправильной.

Пользователю будет также предоставлен набор признаков. Пример набора признаков
15 приводится ниже.

Биомедицинские признаки пациента:

Возраст

Пол

Средняя частота сердечных сокращений

20 История болезни пациента

Физические симптомы и т.д.

Кардиальные признаки события:

Место прослушивания

Длительность систолы

25 Длительность диастолы

S3 (присутствует/отсутствует)

S4 (присутствует/отсутствует)

S1 Расщепление (нормальное/патологическое)

S2 Расщепление (нормальное/патологическое)

30 Систолический шум (присутствует/отсутствует)

Диастолический шум (присутствует/отсутствует)

Форма систолического шума

Форма диастолического шума

Степень систолического шума

35 Степень диастолического шума

Тон открытия (присутствует/отсутствует)

Щелчок при выбросе (присутствует/отсутствует)

Середина систолического щелчка (присутствует/отсутствует)

Середина диастолического щелчка (присутствует/отсутствует) и т.д.

40 Другие признаки

Географическое положение

Раса

Рассмотрим случай, когда автоматизированный анализ предлагает следующие признаки для цикла PCG взрослого в месте нахождения вершины легкого: Нормальный
45 S1, Нормальное расщепление S2, отсутствие третьих и четвертых тонов сердца, систолический шум выброса, отсутствие шума в диастоле.

Прогноз системы после первого прохода может быть следующим:

Предсердный септальный дефект 30%

Стеноз клапана легочного ствола 30%

Безвредный шум легочного кровотока 65%.

Последовательности выполнения операций после этого могут быть следующими: система может затем предоставить подсказку о необходимости получения цикла PCG в легочной области. При этих вновь введенных данных система проверит, стал ли громче шум в цикле PCG для легочной области. В таком случае это подкрепляет прогноз всех патологий, поскольку для всех них присутствует громкий шум в легочной области. Поэтому возрастают точности для всех трех прогнозов:

Предсердный септальный дефект 35%

Стеноз клапана легочного ствола 35%

Безвредный шум легочного кровотока 74%.

Как предполагают правила, эти три патологических случая близки по своей природе и идентификация нормального или широкого расщепления S2 или систолического выброса чрезвычайно важны для точного прогноза, врачу будет сделана подсказка повторно убедиться в этих признаках, визуально просматривая цикл PCG.

Если врач подтвердит отсутствие широкого расщепления S2 и систолического выброса, то результаты прогноза будут в пользу безвредного шума легочного кровотока с подавлением других двух вероятных возможностей.

Предсердный септальный дефект 5%

Стеноз клапана легочного ствола 5%

Безвредный шум легочного кровотока 92%.

Если врач подтвердит наличие широкого расщепления S2 и отсутствие систолического выброса, то результаты прогноза будут в пользу предсердного септального дефекта.

Предсердный септальный дефект 89%

Стеноз клапана легочного ствола 5%

Безвредный шум легочного кровотока 8%.

Если врач подтверждает отсутствие широкого расщепления S2, то есть S2 нормален, и наличие систолического выброса, результаты прогноза будут в пользу стеноза клапана легочного ствола.

Предсердный септальный дефект 10%

Стеноз клапана легочного ствола 90%

Безвредный шум легочного кровотока 8%.

Этот конкретный пример демонстрирует возможную последовательность выполнения операций, основываясь на признаках, извлеченных из кардиальных событий цикла.

Система может собирать данные во всем диапазоне патологий, их симптомы, то есть различные кардиальные и другие биомедицинские признаки и их корреляции, в базе знаний. Таким образом, система не только приходит к автоматическим прогнозам, но также делает упор на важный набор признаков (соответствующий возможным патологическим результатам обследования) и делает подсказку врачу, чтобы внимательно их оценить. Если автоматический анализ идет не так, как надо, система поддержки принятия решений обладает гибкостью, чтобы врач мог внести коррекции, и, соответственно, обновляет прогнозы.

Описанные и представленные устройство и способ потенциально полезны как внутри больницы, так и вне больницы. Особенно в удаленном месте, нуждающемся в диагностировании тонов сердца, доступ к которому сложен, предложенные устройство обработки сигналов и способ предлагают пациентам средство предварительного скрининга.

Раскрытые здесь принципы описывают экономически эффективную, основанную на

PCG систему автоматического классификатора для диагностики кардиальных нарушений.

Дефицит обученных врачей и нехватка экономически выгодных устройств делают затруднительным кардиальное обследование в удаленных/сельских районах развивающихся стран (возникающие рынки). Заявленная система может использоваться в качестве экономически эффективного механизма скрининга и диагностики на возникающих рынках, где более высокотехнологичный скрининг может быть оставлен для действительно положительных случаев заболеваний и врачу нужно только собирать соответствующие медицинские данные и данные PCG (используя стандартный цифровой стетоскоп), чтобы предоставлять их системе.

Изобретение может использоваться в качестве системы поддержки принятия решений для клинических врачей, чтобы подтверждать правильность и поддерживать их диагнозы.

Изобретение может использоваться в качестве помощника при обучении в области обследований и диагностики по тонам сердца.

Одним из примеров применения этой системы может быть также амбулаторный блок преданестезиологического скрининга, а также подобные модули. Как правило, при преданестезиологическом скрининге многие пациенты направляются в отделение кардиологии для ультразвукового обследования на основе аномалий сердечных тонов. (Например, аортальный стеноз представляет большой риск при анестезии, в частности, на возникающих рынках, где проводниковая или основанная на кетамине анестезия широко распространена при общей хирургии.)

Другие изменения в раскрытых вариантах осуществления могут быть поняты и осуществлены специалистами в данной области техники при практической реализации заявленного изобретения на основе изучения чертежей, раскрытия и приложенной формулы изобретения. В формуле изобретения слово "содержащий" не исключает наличия других элементов или этапов и единственное число не исключает множественное число. Единый процессор или другой блок может выполнять функции нескольких устройств, описанных в формуле изобретения, и наоборот. Простой факт, что некоторые критерии повторяются во взаимно различных зависимых пунктах формулы изобретения, не означает, что комбинации этих критериев не могут использоваться для достижения преимущества. Любые ссылочные позиции, приведенные в формуле изобретения, не должны рассматриваться как ограничение контекста.

Формула изобретения

1. Устройство обработки сигналов, содержащее:

фонокардиограммный интерфейс, выполненный с возможностью приема сигнала фонокардиограммы, данные которого собраны от пациента в соответствии с соответствующим набором собираемых свойств этого сигнала, выбранных из по меньшей мере одного из места прослушивания, информации о том, дышал пациент или задерживал дыхание, информации о том, был ли пациент в покое или выполнял физические упражнения перед сбором сигнала;

процессор, выполненный с возможностью анализа первого сигнала фонокардиограммы, использующего его соответствующий набор собираемых свойств, и обеспечения анализа и доверительного значения анализа; и

устройство управления последовательностью операций, выполненное с возможностью:

определения, основываясь по меньшей мере на одном из анализа и доверительного

значения, возможно ли, что последующий сигнал фонокардиограммы, если он собран от пациента в соответствии с другим набором собираемых свойств, повысит точность анализа, и в таком случае

координации сбора последующего сигнала фонокардиограммы от пациента в соответствии с другим набором собираемых свойств.

2. Устройство обработки сигналов по п. 1, дополнительно содержащее интерфейс данных, выполненный с возможностью приема данных пациента, причем процессор дополнительно выполнен с возможностью рассмотрения принятых данных пациента для анализа.

3. Устройство обработки сигналов по п. 1, дополнительно содержащее базу знаний, описывающую связи между симптомами пациента и кардиальными нарушениями.

4. Устройство обработки сигналов по п. 3, в котором связи между симптомами пациента и кардиальными нарушениями содержат весовой коэффициент, представляющий величину корреляции между симптомом и кардиальным нарушением.

5. Устройство обработки сигналов по п. 3, дополнительно содержащее интерфейс пользователя, выполненный с возможностью приема пользовательского ввода, причем база знаний выполнена с возможностью оценивать пользовательский ввод и изменять связи между симптомами и кардиальными нарушениями в соответствии с пользовательским вводом.

6. Устройство обработки сигналов по п. 3, в котором база знаний выполнена с возможностью осуществления структурированного подхода к заключению о возможном кардиальном нарушении и с возможностью управления устройством управления последовательностью операций в соответствии со структурированным подходом.

7. Устройство обработки сигналов по п. 1, дополнительно содержащее интерфейс пользователя, выполненный с возможностью приема пользовательского ввода, причем устройство управления последовательностью операций выполнено с возможностью оценивать пользовательский ввод и изменять другой набор собираемых свойств собранного сигнала фонокардиограммы в соответствии с пользовательским вводом.

8. Устройство обработки сигналов по п. 1, в котором по меньшей мере один из первого набора собираемых свойств и другого набора собираемых свойств содержит местоположение прослушивания.

9. Устройство обработки сигналов по п. 1, дополнительно содержащее стробирующий интерфейс, выполненный с возможностью приема сигнала стробирования, указывающего сегментацию последовательных кардиальных циклов.

10. Устройство обработки сигналов, содержащее:

процессор, выполненный с возможностью анализа и обеспечения доверительного значения анализа по меньшей мере первого и последующего сигналов фонокардиограммы, причем каждый сигнал фонокардиограммы собирается от пациента в соответствии с соответствующим набором собираемых свойств этого сигнала, выбранных из по меньшей мере одного из места прослушивания, информации о том, дышал пациент или задерживал дыхание, информации о том, был ли пациент в покое или выполнял физические упражнения перед сбором сигнала;

интерфейс пользователя, выполненный с возможностью приема от пользователя коррекции, относящейся к действию по обработке данных, и сегментации и классификации собранного сигнала фонокардиограммы,

причем процессор дополнительно выполнен с возможностью формировать другой набор собираемых свойств для сбора последующего сигнала фонокардиограммы, основываясь на пользовательской коррекции.

11. Устройство обработки сигналов по п. 10, в котором пользовательская коррекция имеет отношение по меньшей мере к одному из сегментации и классификации участков собранного сигнала фонокардиограммы.

12. Способ действия устройства обработки сигналов для обработки первого сигнала фонокардиограммы, содержащий этапы, на которых:

5 принимают первый сигнал фонокардиограммы, данные которого собраны от пациента в соответствии с соответствующим набором собираемых свойств этого сигнала, выбранных из по меньшей мере одного из места прослушивания, информации о том, дышал пациент или задерживал дыхание, информации о том, был ли пациент в покое или выполнял физические упражнения перед сбором сигнала;

10 анализируют первый сигнал фонокардиограммы, используя его соответствующий набор собираемых свойств для обеспечения анализа и доверительного значения анализа;

определяют, основываясь по меньшей мере на одном из анализа и доверительного значения, возможно ли, что последующий сигнал фонокардиограммы, если он собран от пациента в соответствии с другим набором собираемых свойств, повысит точность анализа, и в таком случае

15 координируют сбор последующего сигнала фонокардиограммы от пациента в соответствии с другим набором собираемых свойств.

13. Способ по п. 12, дополнительно содержащий этап, на котором:

20 направляют пользователя в соответствии со структурированным подходом к заключению о возможном кардиальном нарушении, основываясь на анализе.

14. Способ по п. 13, дополнительно содержащий этапы, на которых:

25 принимают пользовательский ввод; и
изменяют структурированный подход в соответствии с пользовательским вводом, чтобы приспособить структурированный подход к предпочтениям пользователя.

15. Машиночитаемый носитель, содержащий команды, которые при исполнении процессором побуждают его выполнять способ действия устройства обработки сигналов для обработки сигнала фонокардиограммы, содержащий этапы, на которых:

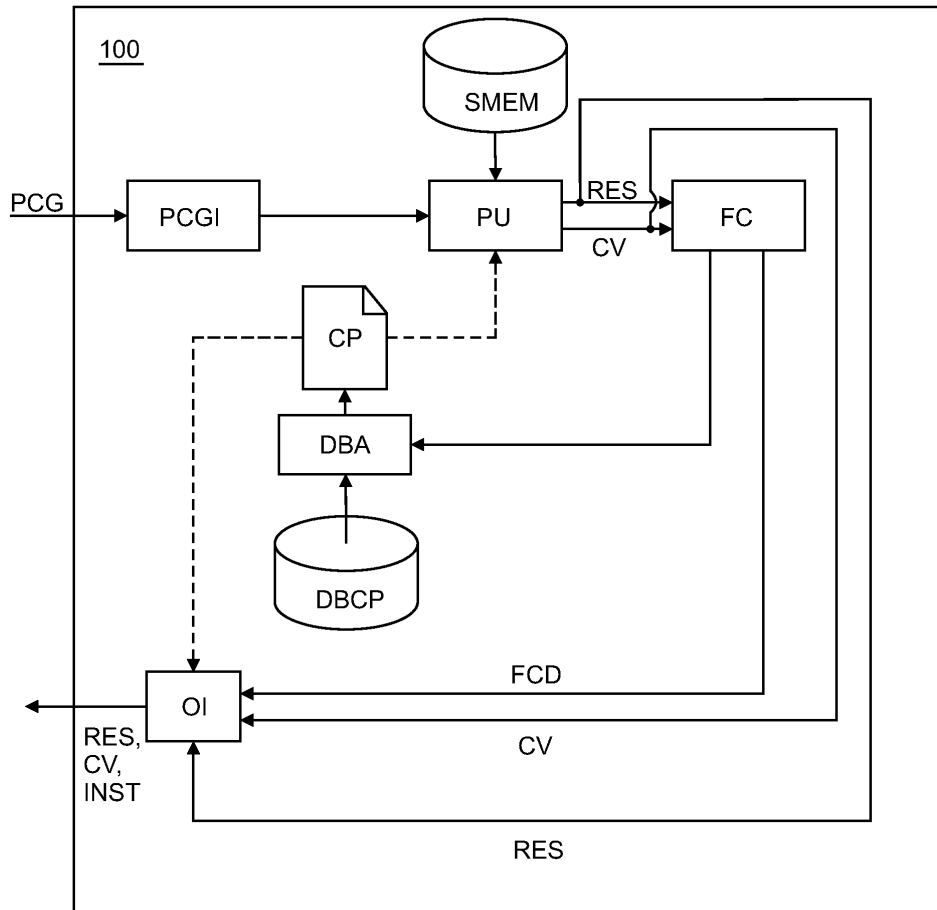
30 принимают первый сигнал фонокардиограммы, данные которого собраны от пациента в соответствии с соответствующим набором собираемых свойств этого сигнала, выбранных из по меньшей мере одного из места прослушивания, информации о том, дышал пациент или задерживал дыхание, информации о том, был ли пациент в покое или выполнял физические упражнения перед сбором сигнала;

35 анализируют первый сигнал фонокардиограммы, используя его соответствующий набор собираемых свойств для обеспечения анализа и доверительного значения анализа;

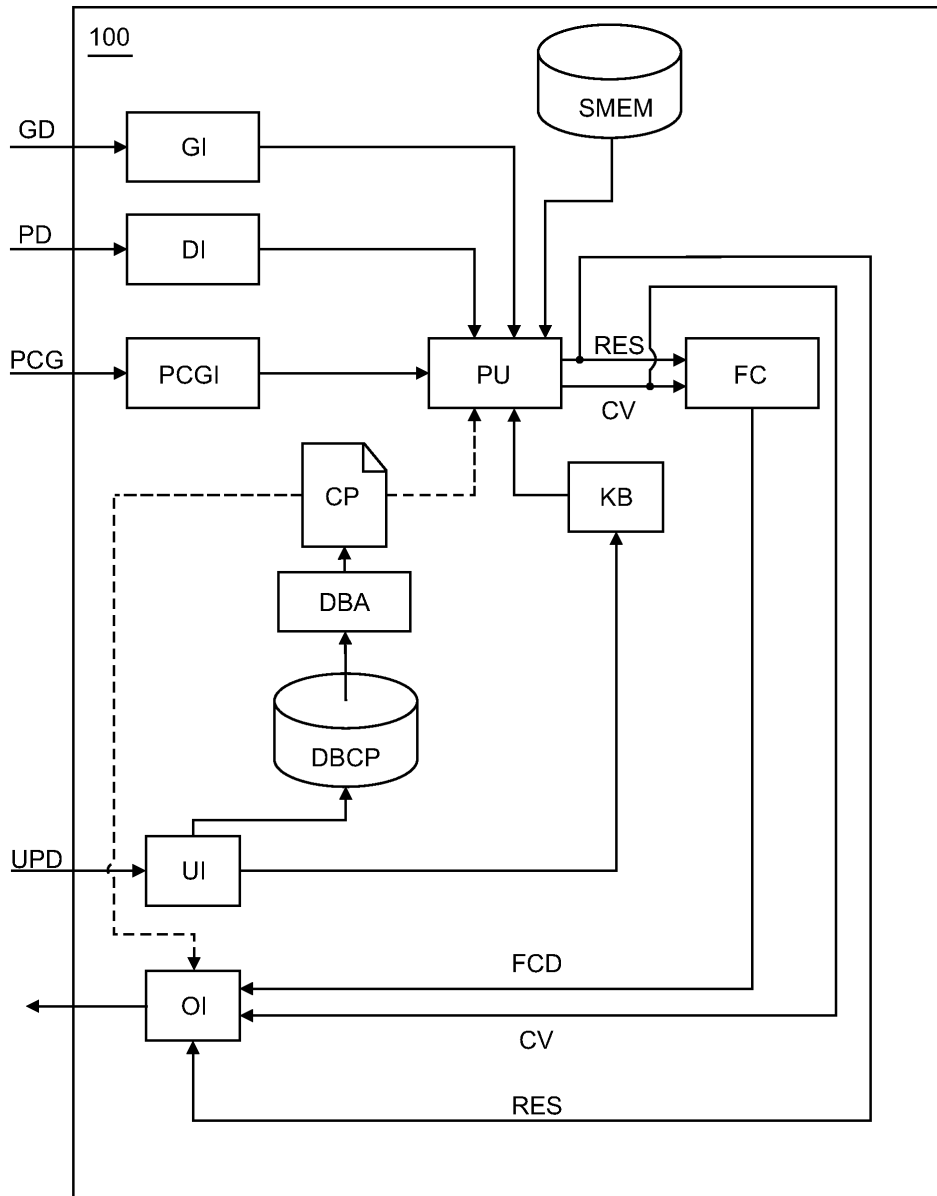
определяют, основываясь по меньшей мере на одном из анализа и доверительного значения, возможно ли, что последующий сигнал фонокардиограммы, если он собран от пациента в соответствии с другим набором собираемых свойств, повысит точность анализа, и в таком случае

40 координируют сбор последующего сигнала фонокардиограммы от пациента в соответствии с другим набором собираемых свойств.

1/8

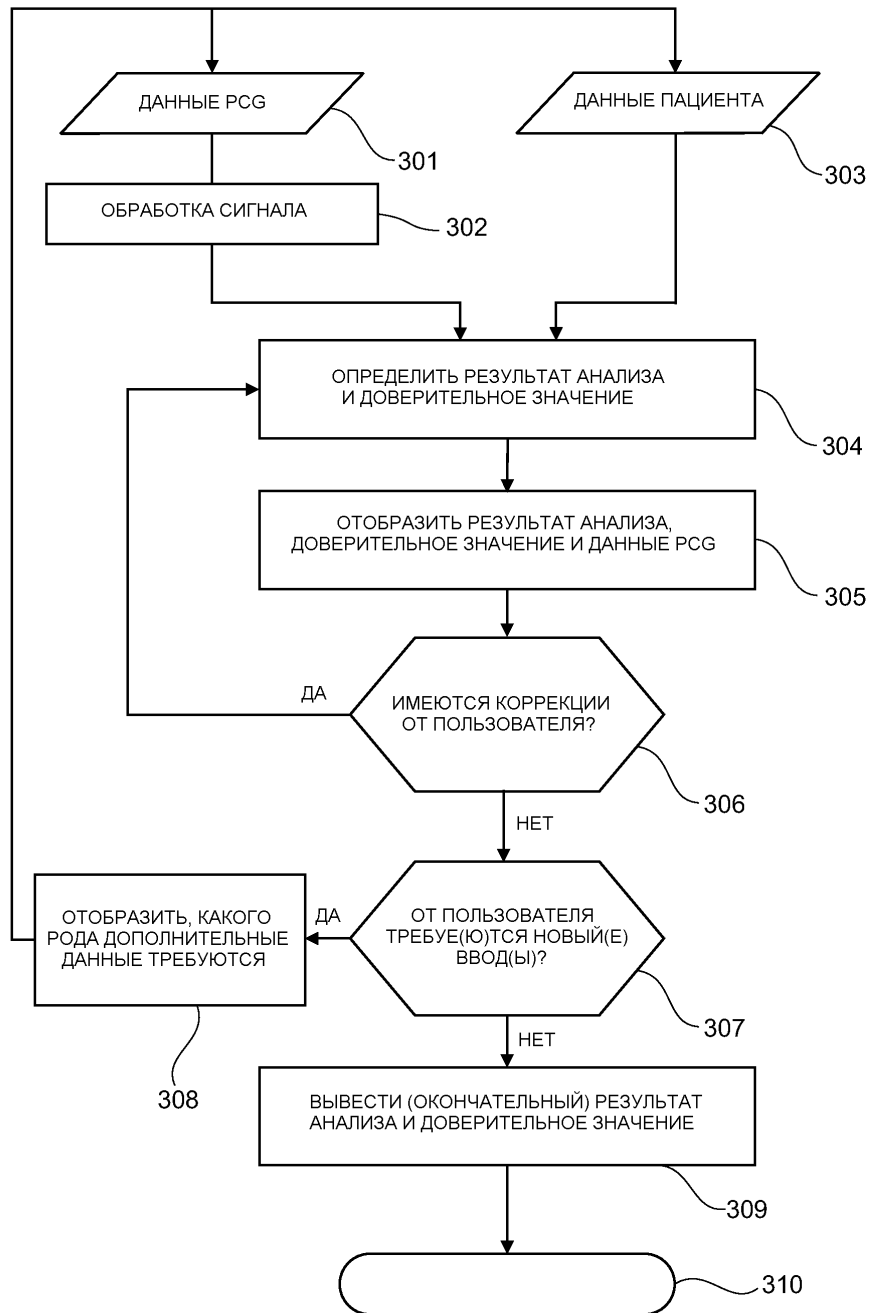


Фиг. 1



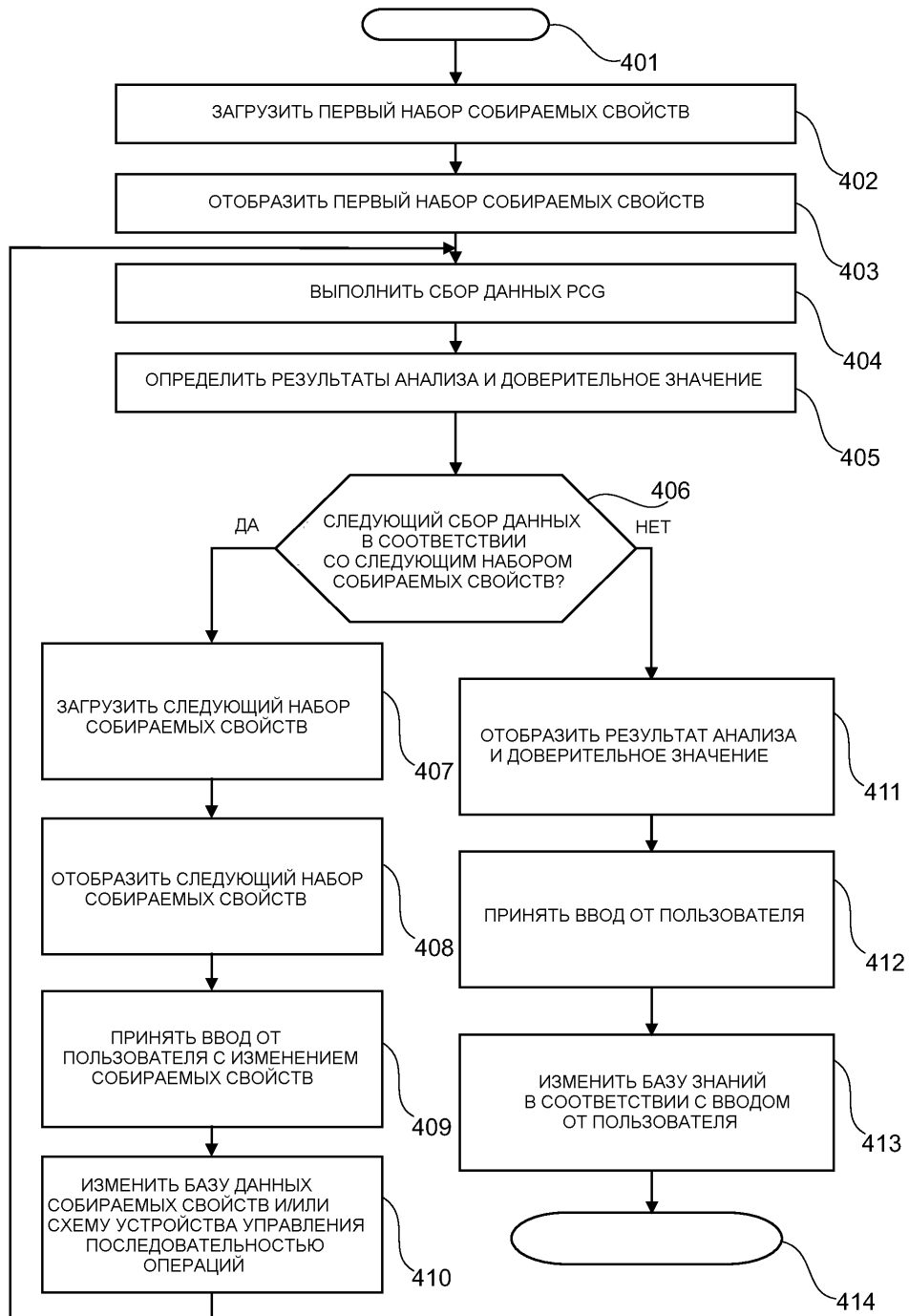
Фиг. 2

3/8



Фиг. 3

4/8



ФИГ. 4

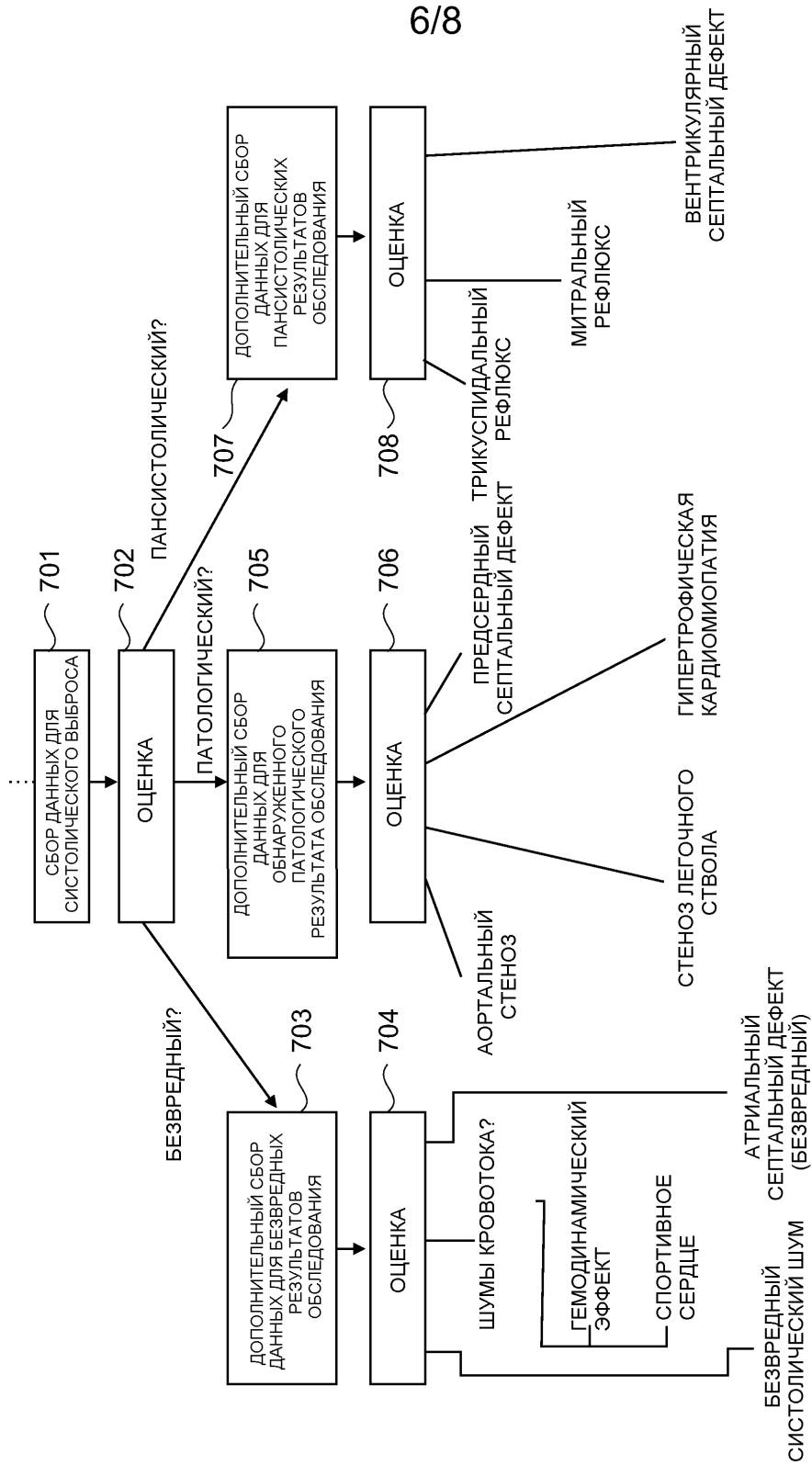
5/8

Патология	Симптомы и соответствующие веса	Необходимые обследования	Схожие патологии
Патология А	X (10%), y (30%), z (60%)	Обследование 1, обследование 2	Патологии М и N
...
...
Патология Z	X1 (35%), y1 (25%)	Обследование N, обследование N-1	Патология X

Фиг. 5

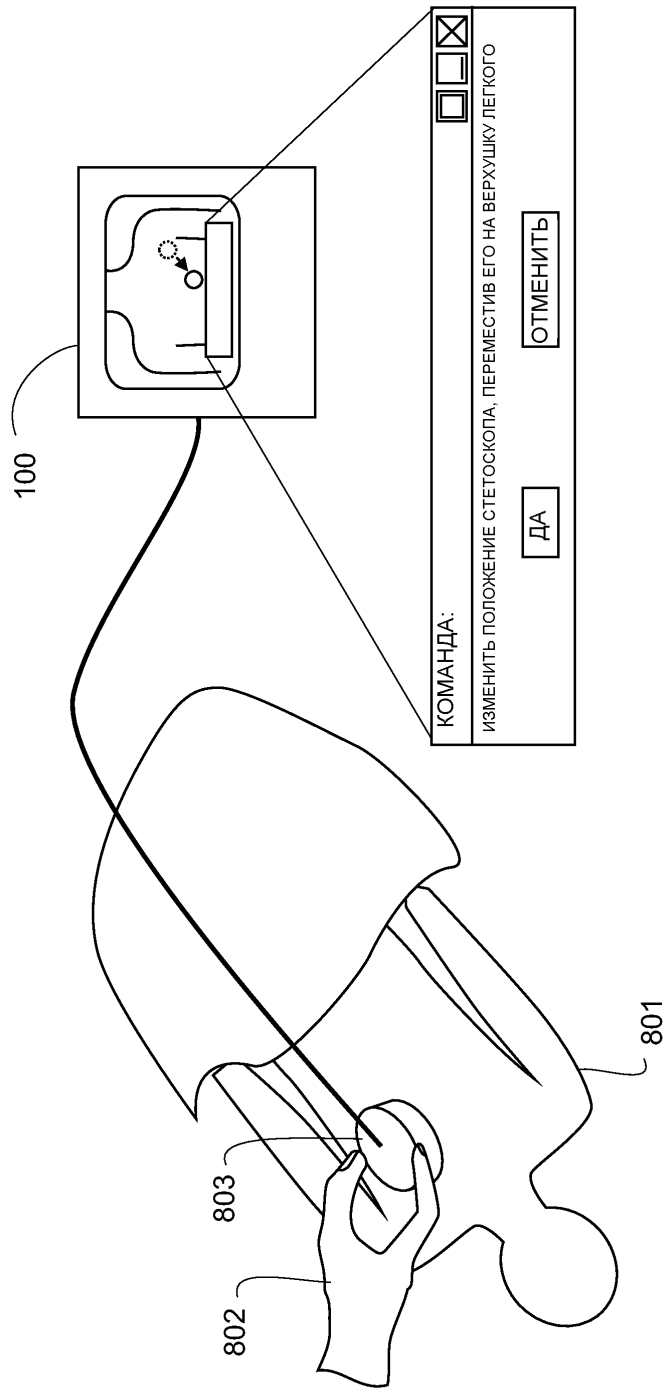
Кардиальное событие	Время, продолжительность	Степень	Тяжесть	Сопутствующие патологии	Наилучшее место для прослушивания
Основные тона сердца S1	X, y, z	Степень 1, степень 2	Уровень 1	A, B	Верхушка легкого
...
...
Диастола	X1, y1, z1	Степень N, степень N-1	Уровень N	M, N	Легкое

Фиг. 6



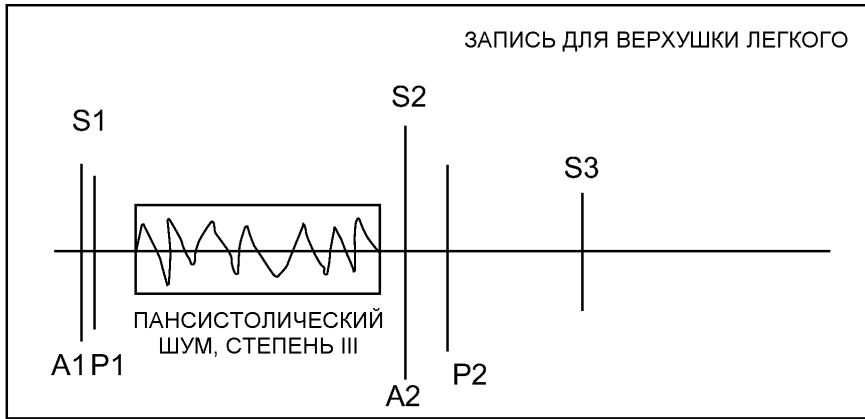
ФИГ. 7

7/8



Фиг. 8

8/8



Фиг. 9