



(51) МПК
A61B 5/02 (2006.01)
A61B 5/04 (2006.01)
G06F 19/00 (2011.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011116859/14, 27.04.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 27.04.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.04.2011

(43) Дата публикации заявки: 10.11.2012 Бюл. № 31

(45) Опубликовано: 27.10.2013 Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2195017 C1, 20.12.2002. RU 2257838 C1, 10.08.2005. RU 2138849 C1, 27.09.1999. RU 2285950 C2, 20.10.2006. RU 2150742 C1, 10.06.2000. US 20080125666 A1, 29.05.2008. EP 1609412 A1, 28.12.2005. US 20100228140 A1, 09.09.2010. PALANIAPPAN, S, et al. Intelligent Heart Disease Prediction System Using Data Mining Technique, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.8 No.8, August 2008.

Адрес для переписки:

308015, г.Белгород, ул. Победы, 85, БелГУ,
 отдел интеллектуальной собственности, Н.Д.
 Цуриковой

(72) Автор(ы):

**Кочеткова Инесса Андреевна (RU),
 Довгаль Виктор Митрофанович (RU),
 Никитин Валерий Михайлович (RU),
 Липунова Елена Андреевна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего
 профессионального образования
 "Белгородский государственный
 национальный исследовательский
 университет" (RU)**

(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОМЕРНОГО ОБРАЗА СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И ЕГО ВИЗУАЛИЗАЦИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицине. При осуществлении способа измеряют и фиксируют текущие значения каждого из показателей клинических данных, характеризующих текущее состояние сердечно-сосудистой системы. Преобразовывают результаты оценки значений показателей клинических данных. Фиксируют результаты оценки текущих значений каждого показателя клинических данных в зависимости от времени проведенных измерений. Визуализируют результаты преобразования оценки текущих значений каждого показателя клинических данных на плоскости, совпадающей с плоскостью

отображающего многоцветного экрана видеомонитора. Получают информацию о динамике состояния сердечно-сосудистой системы. При этом также осуществляют оцифровку и весовую обработку зафиксированных мгновенных значений каждого показателя клинических данных в физических величинах. Строят объемный образ состояния сердечно-сосудистой системы - $A_N(t)$ в виде совокупности геометрических мест точек в N-мерном пространстве состояний сердечнососудистой системы, причем координаты каждой точки N-мерного пространства состояний сердечно-сосудистой системы определяют по совокупности

неинвазивно и инвазивно измеряемых в физических величинах оцифрованных мгновенных значений различных клинических данных, характеризующих текущее состояние сердечно-сосудистой системы. Формируют двумерные образы состояний сердечно-сосудистой системы - $A_2(t)$ в виде проекций сформированных $A_N(t)$ на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора. Запоминают координаты в 2-мерном пространстве состояний сердечно-сосудистой системы каждой точки сформированного $A_2(t)$. Строят виртуальные объемные модели различных нозологических форм болезней сердечно-сосудистой системы - V_i , в виде совокупности M -геометрических мест точек в N -мерном пространстве состояния сердечно-сосудистой системы, где $i=1; 2; 3; \dots M$ - число отображаемых заболеваний сердечнососудистой системы. При этом координаты каждой точки каждого из V_i определяют по совокупности значений различных клинических данных в физических величинах, описывающих характерную клинко-морфологическую картину соответствующего заболевания и степень выраженности патологии ССС, соответственно. Запоминают координаты в N -мерном пространстве состояния сердечно-сосудистой системы всех точек объемных образов V_i . Формируют двумерные модели различных нозологических форм болезней сердечно-сосудистой системы - V_{2i} в виде проекций сформированных V_i на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора. Запоминают координаты в 2-мерном пространстве состояния сердечно-сосудистой системы всех точек сформированных V_{2i} . Визуализируют на экране многоцветного видеомонитора сформированные V_{2i} так, что цвет каждой точки V_{2i} в видимых диапазонах длин волн $\Delta\lambda_k, \Delta\lambda_o, \Delta\lambda_{ж}, \Delta\lambda_3, \Delta\lambda_{Г} \dots \Delta\lambda_M$ соответствует определенному виду заболевания, а степень патологии характеризуется величиной, обратно пропорциональной длине волны соответствующего диапазона. Осуществляют также визуализацию на экране многоцветного видеомонитора последовательно формируемые во времени значения $A_2(t)$, при этом каждое предыдущее значение $A_2(t)$ соединяют прямыми с последующими их значениями,

причем цвет $A_2(t)$ и соединяющих прямых формируют путем сложения красного ($\Delta\lambda_k$), зеленого ($\Delta\lambda_3$) и голубого ($\Delta\lambda_{Г}$) цветов с одинаковой амплитудной пропорцией. Проводят проверку выполнения множества условий $A_2(t) \subset V_{2i}$. Принимают решение о заболевании сердечно-сосудистой системы при выполнении какого-либо условия из множества $A_2(t) \subset V_{2i}$. Исключают при наличии взаимных пересечений V_{2i} неоднозначность принятия решения о заболевании сердечно-сосудистой системы, когда мгновенное значение $A_2(t)$ одновременно принадлежит двум и более V_{2i} , за счет формирования на экране многоцветного видеомонитора каждого из новых образов состояния $A_2^k(t)$ и непересекающихся образов заболеваний V_{2i}^k путем соответствующих k переносов начала координат N -мерного пространства состояния сердечнососудистой системы в выбранные врачом-кардиологом точки на плоскости многоцветного экрана видеомонитора и осуществления процедуры проецирования $A(t)$ и V_i на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора и после каждого из k переносов начала координат N -мерного пространства состояния сердечно-сосудистой системы, где $k=1; 2; 3; \dots j$. Визуализируют на экране многоцветного видеомонитора сформированные $A_2^k(t)$ и V_{2i}^k . Прекращают процедуру формирования $A_2^k(t)$ и V_{2i}^k при достижении условия, когда $A_2^k(t)$ будет принадлежать только одному V_{2i}^k . Принимают решение об отсутствии заболевания, при выполнении условия $A_2(t) \not\subset V_{2i}$. Осуществляют оценку динамики изменения состояния сердечно-сосудистой системы по результатам анализа предварительно определенных значений величин $\Delta_\tau = A_3(t_1) - A_2(t_2)$ и $\frac{d\Delta_\tau}{dt}$ для заданного временного интервала, где $t_1; t_2$ - моменты времени начала и конца заданного временного интервала, соответственно. Изобретение позволяет упростить процесс оперативного анализа клинических данных по множеству измеряемых клинических признаков и избежать ошибок при генерации медицинского управляющего решения для постановки диагноза. 5 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

A61B 5/02 (2006.01)*A61B 5/04* (2006.01)*G06F 19/00* (2011.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2011116859/14, 27.04.2011**(24) Effective date for property rights:
27.04.2011

Priority:

(22) Date of filing: **27.04.2011**(43) Application published: **10.11.2012 Bull. 31**(45) Date of publication: **27.10.2013 Bull. 30**

Mail address:

**308015, g.Belgorod, ul. Pobedy, 85, BelGU, otdel
intellektual'noj sobstvennosti, N.D. Tsurikovoj**

(72) Inventor(s):

**Kochetkova Inessa Andreevna (RU),
Dovgal' Viktor Mitrofanovich (RU),
Nikitin Valerij Mikhajlovich (RU),
Lipunova Elena Andreevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Belgorodskij
gosudarstvennyj natsional'nyj issledovatel'skij
universitet" (RU)****(54) METHOD OF FORMING MULTIDIMENSIONAL IMAGE OF CARDIOVASCULAR SYSTEM STATE AND ITS VISUALISATION**

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to medicine. In method realisation current values of each of parameters of clinical data characterising current state of cardiovascular system are measured and fixed. Results of assessment of values of clinical data parameters are transformed. Results of assessment of current values of each parameter of clinical data are fixed depending on time of performed measurements. Results of transformation of assessment of current values of each parameter of clinical data are visualised on plane, coinciding with plane of displaying multicolour screen of videomonitor. Information about dynamics of cardiovascular system state is obtained. Also performed is digitisation and weighting of fixed instant values of each parameter of clinical data in physical values. Three-dimensional image of cardiovascular system state $A_N(t)$ is created in form of totality of geometrical places of points in N-dimensional space of cardiovascular system states, with coordinates of each point of N-dimensional space of cardiovascular system states being determined by totality of non-invasively and invasively measured in physical values digitised instant values of various clinical data, which characterise current state of cardiovascular system.

Two-dimensional images of cardiovascular system states $A_2(t)$ are formed in form of projections of formed $A_N(t)$ on plane, coinciding with plane of displaying multicolour screen of videomonitor. Coordinates in 2-dimensional state of cardiovascular system states of each point of formed $A_2(t)$ are memorised. Virtual three-dimensional models of various nosologic forms of cardiovascular system diseases B_i are built in form of totality of M-geometrical places of points in N-dimensional space of cardiovascular system state, where $i=1; 2; 3; \dots; M$ is the number of displayed diseases of cardiovascular system. Coordinates of each point of each of B are determined by totality of values of various clinical data in physical values, describing characteristic clinical-morphological picture of corresponding disease and degree of CVS pathology manifestation, respectively. Coordinates in N-dimensional space of cardiovascular system state of all points of three-dimensional images B_i are memorised. Two-dimensional models of various nosologic forms of cardiovascular system diseases B_{2i} are formed in form of projections, formed by B_{2i} on plane, coinciding with plane of displaying multicolour screen of videomonitor. Coordinates in 2-dimensional space of cardiovascular system state of all points formed by B_{2i} are memorised. Formed B_{2i} are

visualised on screen of multicolour videomonitor in such a way that colour of each point B_{2i} in visible ranges of wavelengths $\Delta\lambda_r, \Delta\lambda_o, \Delta\lambda_y, \Delta\lambda_g, \Delta\lambda_b, \dots, \Delta\lambda_m$ corresponds to certain type of disease, and degree of pathology is characterised by value, inversely proportional to wavelength of respective range. Visualisation on screen of multicolour videomonitor of successively formed in time values $A_2(t)$ is also performed, with each previous value $A_2(t)$ being connected by means of straight lines with their following values, and colour of $A_2(t)$ and connecting straight lines is formed by addition of red ($\Delta\lambda_r$), green ($\Delta\lambda_g$) and blue ($\Delta\lambda_b$) colours with similar amplitude proportion. Check of satisfaction of set of conditions $A_2(t) \subset B_{2i}$ is carried out. Decision about cardiovascular system disease is taken in case of satisfaction of a condition from set $A_2(t) \subset B_{2i}$. Ambiguity of taking decision about cardiovascular system disease is excluded if mutual intersections B_{2i} are present, when instant value $A_2(t)$ simultaneously belongs to two and more B_{2i} , by formation on screen of multicolour videomonitor of each of new images of state $A_2^k(t)$ and non-intersecting images of diseases B_{2i}^k by respective k transmissions of origin of coordinates of N-dimensional space of cardiovascular system state into selected by cardiologist points on plane of

multicolour screen of videomonitor and carrying out procedure of projecting $A(t)$ and B_i on plane coinciding with plane of displaying multicolour screen of videomonitor and after each of k transmissions of origin of coordinates of N-dimensional space of cardiovascular system state, where $k=1; 2; 3; \dots; j$. Formed $A_2^k(t)$ and B_{2i}^k are visualised on screen of multicolour videomonitor. procedure of $A_2^k(t)$ and B_{2i}^k formation is stopped when condition, when $A_2^k(t)$ belongs only to one

B_{2i}^k is satisfied. Decision about absence of disease is taken if condition $A_2(t) \not\subset B_{2i}$ is satisfied. Assessment of dynamics of change of cardiovascular system state is performed by results of analysis of preliminarily determined values of quantities $\Delta_\tau = A_2(t_1) - A_2(t_2)$ and $d\Delta_\tau / d\tau$ for specified time

interval, where $t_1; t_2$ are moments of time of beginning and end of specified time interval respectively.

EFFECT: invention makes it possible to simplify process of operative analysis of clinical data by set of measured clinical signs and avoid mistakes in generation of medical control decision for diagnosing.

5 dwg

Изобретение относится к медицине и медицинской технике и может быть использовано в системах анализа и контроля клинических (лабораторных) данных, в том числе путем компьютерной экспресс-диагностики при классификации и прогнозировании, мониторингового анализа и контроля клинических данных при диагностике состояния живого организма.

Известен способ получения томографического изображения тела и электроимпедансный томограф [1], обеспечивающий диагностику органов с изменяющейся во времени проводимостью. Способ основан на измерении разностей потенциалов во времени и обеспечивает реконструкцию изображения пространственного распределения измеренного параметра путем нормирования полученных значений проводимости, исходя из того, что наименьшее и наибольшие значения проводимости выделяются различными цветами. Способ не позволяет оценивать динамику изменения состояния живого организма по множеству измеряемых параметров (клинических данных).

Известны способы компьютерной обработки и анализа изображений, предназначенные для получения полезной информации о содержимом изображения, его свойствах [2].

Известен способ компьютерной обработки и анализа изображений в медицинской диагностике эритроцитометрии [3]. Способ позволяет на основе определения (проведения измерений) параметров эритроцитов различных классов в крови человека и визуального представления соответствующих изображений строить гистограммы распределения эритроцитов по классам, по которым судят об отклонении полученного результата от нормы, чем обеспечивается диагностирование состояния здоровья человека.

Рассматриваемые способы непригодны для динамического контроля и анализа состояния живого организма, не позволяют учитывать предысторию текущего состояния живого организма, а также являются трудоемкими и громоздкими.

Известны способы клинической оценки лабораторных данных, предназначенные для получения полезной информации для диагностики и контроля лечения на основе получения лабораторных тестов крови и мочи [4]. Способы позволяют проводить как однократный, так и динамический контроль, и анализ состояния организма человека.

Недостатком известных способов является большая сложность, трудоемкость и громоздкость проведения динамического анализа лабораторных данных по множеству измеряемых параметров.

Наиболее близким по технической сущности является способ визуального отображения и динамического контроля клинических данных [5], который позволяет осуществлять процесс динамического анализа клинических данных по множеству их значений и предоставлении информации в виде цветокодовой матрицы-диаграммы.

Основными недостатками прототипа являются необходимость проведения анализа большого объема абстрактной информации, в виде информационной цветокодовой матрицы-диаграммы, что обуславливает погрешности при постановке врачом-кардиологом диагноза. Кроме того, в прототипе отсутствует возможность реализовать процесс автоматизированной постановки диагноза.

Требуемый технический результат заключается в проведении логической последовательности действий по регистрации и статистической обработке текущих значений клинических данных, и их комплексному анализу для получения оперативной оценки величин и характера распределения значений клинических данных и их непрерывной актуализации; формирования многомерного образа

состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) в соответствии с регистрируемыми клиническими данными и его визуального отображения; автоматизированной генерации диагноза по результатам анализа сформированного многомерного образа состояния ССС.

5 Требуемый технический результат достигается тем, что осуществляют способ формирования многомерного образа состояния сердечно-сосудистой системы, его визуального отображения и динамического контроля, включающий измерение и фиксацию текущих значений каждого из показателей клинических данных, характеризующих текущее состояние сердечно-сосудистой системы, преобразование результатов оценки значений показателей клинических данных, фиксацию результатов оценки текущих значений каждого показателя клинических данных, в зависимости от времени проведенных измерений (момента проведения измерений), визуальное
10 отображение результатов преобразования оценки текущих значений каждого показателя клинических данных на плоскости, совпадающей с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора, получение информации о динамике состояния сердечно-сосудистой системы. Кроме того осуществляют оцифровку и весовую обработку зафиксированных мгновенных значений каждого из
15 клинических данных, строят объемный образ состояния сердечно-сосудистой системы - $A_2(t)$ в виде совокупности геометрических мест точек в N-мерном пространстве состояний, причем координаты каждой точки N-мерного пространства состояний сердечнососудистой системы определяют по совокупности неинвазивно и инвазивно измеряемых в физических величинах оцифрованных мгновенных значений
20 различных клинических данных, характеризующих текущее состояние сердечно-сосудистой системы, формируют двумерные образы состояний сердечно-сосудистой системы - $A_2(t)$ в виде проекций сформированных $A_N(t)$ на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора, запоминают координаты в 2-мерном пространстве состояний сердечно-сосудистой системы каждой точки сформированного $A_2(t)$; строят виртуальные объемные модели различных нозологических форм болезней сердечно-сосудистой системы - B_i , в виде совокупности M-геометрических мест точек в N-мерном пространстве состояния сердечно-сосудистой системы, где $i=1; 2; 3; \dots M$ - число отображаемых заболеваний сердечно-сосудистой системы, при этом координаты каждой точки каждого из B_i определяют по совокупности значений различных клинических данных в физических величинах, описывающих характерную клинико-морфологическую картину соответствующего
30 заболевания и степень выраженности патологии сердечнососудистой системы, соответственно, запоминают координаты в N-мерном пространстве состояния сердечно-сосудистой системы всех точек объемных образов B_i , формируют двумерные модели различных нозологических форм болезней сердечно-сосудистой системы - B_{2i} в виде проекций сформированных B_i на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора, запоминают координаты в 2-
40 мерном пространстве состояния сердечно-сосудистой системы всех точек сформированных B_{2i} , визуализируют на экране многоцветного видеомонитора сформированные B_{2i} в виде совокупности M-геометрических мест точек N-мерного пространства состояния сердечно-сосудистой системы, цвет которых, в видимых
45 диапазонах длин волн $\Delta\lambda_K, \Delta\lambda_O, \Delta\lambda_Ж, \Delta\lambda_З, \Delta\lambda_Г \dots \Delta\lambda_M$ соответствует определенному виду заболевания, а степень патологии характеризуется величиной обратно пропорциональной длине волны соответствующего диапазона, где $\Delta\lambda_K$ - красный цвет, $\Delta\lambda_O$ - оранжевый цвет, $\Delta\lambda_Ж$ - желтый цвет, $\Delta\lambda_З$ - зеленый цвет $\Delta\lambda_Г$ - голубой цвет и т.д.,

осуществляют также визуализацию на экране многоцветного видеомонитора последовательно формируемые во времени значения $A_2(t)$, при этом каждое предыдущее значение $A_2(t)$ соединяют прямыми с последующими их значениями, причем цвет $A_2(t)$ и соединяющих прямых формируют путем сложения красного ($\Delta\lambda_{\text{к}}$), зеленого ($\Delta\lambda_{\text{з}}$) и голубого ($\Delta\lambda_{\text{Г}}$) цветов с одинаковой амплитудной пропорцией

5 проводят проверку выполнения множества условий $A_2(t) \subset B_{2i}$, принимают решение о заболевании сердечно-сосудистой системы при выполнении какого-либо условия из множества $A_2(t) \subset B_{2i}$, исключают при наличии взаимных пересечений B_{2i}

10 неоднозначность принятия решения о заболевании сердечно-сосудистой системы, когда мгновенное значение $A_2(t)$ одновременно принадлежит двум и более B_{2i} , за счет формирования на экране многоцветного видеомонитора каждого из новых образов состояния $A_2^k(t)$ и непересекающихся образов заболеваний B_{2i}^k путем

15 соответствующих k переносов начала координат N -мерного пространства состояния сердечно-сосудистой системы в выбранные врачом - кардиологом точки на плоскости многоцветного экрана видеомонитора и осуществления процедуры проецирования $A_N(t)$ и B_i на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного

20 экрана видеомонитора и после каждого из k переносов начала координат N -мерного пространства состояния сердечно-сосудистой системы, где $k=1; 2; 3; \dots j$, визуализируют на экране многоцветного видеомонитора сформированные $A_2^k(t)$ и B_{2i}^k , прекращают процедуру формирования $A_2^k(t)$ и B_{2i}^k при достижении условия, когда

25 $A_2^k(t)$ будет принадлежать только одному B_{2i}^k , принимают решение об отсутствии заболевания, при выполнении условия $A_2(t) \not\subset B_{2i}$, осуществляют оценку динамики изменения состояния ССС по результатам анализа предварительно определенных значений величин $\Delta_{\tau}=A_2(t_1)-A_2(t_2)$ и $d\Delta_{\tau}/d\tau$ для заданного временного интервала, где

30 $t_1; t_2$ - моменты времени начала и конца заданного временного интервала, соответственно; $d\Delta_{\tau}/d\tau$ - частная производная по времени от Δ_{τ} .

Заявляемый способ формирования многомерного образа состояния ССС, визуального отображения и контроля динамики его изменения отличается от прототипа тем, что по измеряемым клиническим данным осуществляют построение на плоскости отображающего многоцветного экрана виртуальные модели различных нозологических форм болезней. ССС - B_{2i} в виде M -геометрических мест точек, при этом координаты каждой точки каждого из B_{2i} определяют по совокупности значений различных клинических данных в физических величинах, описывающих характерную

40 клинко-морфологическую картину соответствующего заболевания ССС, соответственно, при этом цвет каждого из B_{2i} в видимых диапазонах длин волн $\Delta\lambda_{\text{к}}, \Delta\lambda_{\text{о}}, \Delta\lambda_{\text{ж}}, \Delta\lambda_{\text{з}}, \Delta\lambda_{\text{Г}} \dots \Delta\lambda_{\text{М}}$ соответствует определенному виду заболевания, а степень патологии характеризуется величиной, обратно пропорциональной длине волны соответствующего диапазона, где $\Delta\lambda_{\text{к}}$ -красный цвет, $\Delta\lambda_{\text{о}}$ - оранжевый цвет, $\Delta\lambda_{\text{ж}}$ - желтый цвет, $\Delta\lambda_{\text{з}}$ - зеленый цвет $\Delta\lambda_{\text{Г}}$ - голубой цвет и т.д., где M - число отображаемых заболеваний ССС. Кроме того, последовательно во времени формируют $A_2(t)$, при этом каждое предыдущее значение $A_2(t)$ соединяют прямыми с последующими их значениями и определяют значения величин $\Delta_{\tau}=A_2(t_1)-A_2(t_2)$ и $d\Delta_{\tau}/d\tau$ для заданного

50

временного интервала, где $d\Delta_r/dt$ - частная производная по времени от Δ_r , что

5 позволяет поставить диагноз текущего состояния ССС по результатам анализа условий $A_2(t) \notin B_{2i}$, и $A_2(t) \in B_{2i}$. В данном случае постановка диагноза текущего состояния ССС осуществляется на основе выработки врачом-кардиологом сигнала, пропорционального разности координат $\Delta_p = \bar{A}_2(t) - \bar{B}_{2i}$. При этом решение о том или ином заболевании ССС принимается при $\Delta_p=0$. Кроме того на основании анализа получаемого сигнала Δ_p можно сделать прогноз возможного изменения состояния ССС, что уменьшает число ошибок врача-кардиолога при проведении им диагностики состояния ССС.

Эти отличия позволяют сделать вывод о соответствии заявляемого решения критерию "новизна".

15 В научно-технической и патентной литературе не обнаружены решения с такой совокупностью отличительных признаков. Следовательно, заявляемое решение соответствует критерию "изобретательский уровень".

Способ формирования многомерного образа состояния ССС, осуществляют следующим образом. Вводят два класса состояния ССС: здоровое состояние и нездоровое состояние. В дальнейшем нездоровое состояние ССС разбивают на подклассы в соответствии с теми или иными отклонениями текущих значений клинических данных от нормы, описывающих характерную клинико-морфологическую картину соответствующего заболевания ССС.

25 Известно, что оценка состояния ССС человека на основе полученных клинических данных основывается на решении обратной многопараметрической задачи кардиологии. Решение таких задач, как правило, связано со значительными трудностями, обуславливающими ошибки при постановке диагноза [5]. Рассмотрим возможность снижения различных мешающих факторов на качество решения обратных задач кардиологии.

Изобретение иллюстрируется чертежами, где:

35 фиг.1. L - отображение точки, определенной в четырехмерном пространстве, на плоскость многоцветного отображающего экрана;

фиг.2. S - отображение точки, определенной в четырехмерном пространстве, на плоскость многоцветного отображающего экрана;

фиг.3. Взаимное расположение двумерных образов заболеваний B_{2i} после k переноса начала координат N-мерного пространства состояния ССС;

40 фиг.4. Изменение положения места локализации точки $A'_2(t_1)$ относительно B'_{21} и B'_{22} после k+1 переноса начала координат N-мерного пространства состояния ССС;

фиг.5 Динамика изменения (за интервал времени $\Delta_t=t_2-t_1$) положения $A'_2(t)$ на плоскости многоцветного отображающего экрана.

45 Пусть состояние ССС оценивается по некоторому конечному множеству N неинвазивно и инвазивно измеряемых оцифрованных мгновенных значений различных клинических данных в физических величинах, которые можно представить как N-мерное пространство состояния ССС. В данном N-мерном пространстве строят виртуальные объемные модели различных нозологических форм болезней ССС - В, в виде M - геометрических мест точек, где M - количество заболеваний ССС; $i=1; 2; 3 \dots$ [6]. Координаты точек в каждом из M - геометрических мест можно представить как набор конкретных мгновенных значений различных клинических данных, описывающих характерную клинико-морфологическую картину соответствующего

заболевания ССС.

Для дальнейшего анализа состояния ССС каждую точку каждого В, проецируют на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора, вследствие чего формируются двумерные модели различных нозологических форм болезней ССС - B_{2i} , которые затем визуализируют. Цвет каждой из B_{2i} , в видимых диапазонах длин волн $\Delta\lambda_k, \Delta\lambda_o, \Delta\lambda_{ж}, \Delta\lambda_з, \Delta\lambda_{Г} \dots \Delta\lambda_M$ соответствует определенному виду заболевания, а степень патологии характеризуется величиной обратно пропорциональной длине волны соответствующего диапазона, где $\Delta\lambda_k$ - красный цвет, $\Delta\lambda_o$ - оранжевый цвет, $\Delta\lambda_{ж}$ - желтый цвет, $\Delta\lambda_з$ - зеленый цвет $\Delta\lambda_{Г}$ - голубой цвет и т.д.,

Для проецирования каждой точки из N-мерного пространства состояния ССС на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора, вначале формируют отображение N-мерной системы координат на плоскость следующим образом: из точки, являющейся началом координат строят N векторов с углом между соседними векторами $\frac{\pi}{n}$. Проецирование самих точек

объемных образов заболеваний ССС из N - мерного пространства состояния ССС на плоскость осуществляется в два этапа [7]:

Этап 1. На данном этапе находим направление вектора в плоскости $\{X';Y'\}$, совпадающей с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора, формируемого в результате проецирования точки из N-мерного пространства состояния ССС на плоскость, содержащую начало координат данного N-мерного пространства (данный этап называется этапом формирования L - отображения).

Пусть имеется N-мерная система координат $(\vec{p}_0, \vec{p}_1, \dots, \vec{p}_{n-1})$, где \vec{p}_i - единичный двумерный вектор - результат проекции единичного вектора N-мерного пространства на двумерную плоскость, и некоторая точка z с координатами (z_1, z_2, \dots, z_n) , находящаяся в N-мерного пространстве. Тогда координаты проекции точки z (z_1, z_2, \dots, z_n) на плоскость $\{X';Y'\}$, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора определяются в соответствии с соотношением вида:

$$z_L(x', y') = \sum_{i=1}^n z_i \vec{p}_i, \quad (1)$$

где

$z_L(x', y')$ - координаты проекции точки $z(z_1, z_2, \dots, z_n)$ на плоскость $\{X';Y'\}$;
 (x', y') - координаты на плоскости $\{X';Y'\}$.

Соединяя начало координат с точкой $z_L(x', y')$, формируем направление вектора \vec{z}_L .

Этап 2. Данный этап называется этапом формирования S-отображения и его суть состоит в следующем - на данном этапе находим модуль вектора \vec{z}_L .

S - отображением точки z с координатами (z_1, z_2, \dots, z_n) есть точка z_S , являющаяся окончание вектора, построенного от начала координат двумерного пространства до точки $z_S(x_S, y_S)$, длина которого - евклидово расстояние от z до начала координат в N-мерном пространстве состояния ССС, и коллинеарного вектору, построенному от начала координат двумерного пространства до точки z_L , вычисляемого в соответствии с соотношением (1).

Данное евклидово расстояние до точки z_S определяется в соответствии с

соотношением вида:

$$|z_s| = \sqrt{(z_1 - c_1)^2 + (z_2 - c_2)^2 + \dots + (z_n - c_n)^2}, \quad (2)$$

где (c_1, c_2, \dots, c_n) - начало координат в N-мерном пространстве состояний ССС.

5 В результате выполнения первого и второго этапов проецирования находим вектор \vec{z}_s , а значит, истинные координаты соответствующей точки N-мерного пространства состояний ССС на плоскости $\{X'; Y'\}$.

10 Проиллюстрируем процедуру выполнения описанного выше двухэтапного процесса проецирования на примере 4-мерного пространства ($N=4$) и заданной точки в данном пространстве.

Для простоты анализа, но не теряя общности рассуждений, поместим начало координат 4-мерного пространства в точку с координатами $(0, 0, 0, 0)$, проиллюстрируем процесс формирования L-отображения точки с координатами $(-1; 4; 2; 1.5)$ на плоскость экрана (фиг.1).

15 Вычислим длину вектора \vec{z}_s в соответствии с соотношением (2):

$$|z_s| = \sqrt{(-1)^2 + 4^2 + 2^2 + 1.5^2} = 4.8;$$

20 S - отображение данной точки иллюстрируется на фиг.2.

В результате проецирования каждой точки каждого из B_i на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора приведенным способом, формируются двумерные модели различных нозологических форм болезней ССС - B_{2i} , которые затем визуализируют.

25 Далее осуществляется одним из известных способов [8] оцифровка и весовая обработка зафиксированных в физических величинах мгновенных значений каждого показателя клинических данных конкретного пациента. После чего строят объемный образ состояния ССС пациента - $A_N(t)$ в виде совокупности геометрических мест точек $A_N(t)$, где координаты каждой из его точек определяют по совокупности неинвазивно и инвазивно измеряемых в физических величинах оцифрованных мгновенных значений различных клинических данных, характеризующих текущее состояние ССС пациента в N-мерном пространстве. Формируют двумерные образы состояний ССС - $A_2(t)$ в виде проекций сформированных $A_N(t)$ на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора, где координаты каждой точки $A_N(t_i)$ определяют в соответствии с описанным выше способом.

40 Далее проводят проверку выполнения множества условий $A_2(t) \notin B_{2i}$ и $A_2(t_i) \subset B_{2i}$ и принимают решение об отсутствии заболевания или о наличии соответствующего заболевания ССС при выполнении того или иного из условий $A_2(t) \notin B_{2i}$ и $A_2(t_i) \subset B_{2i}$. То есть в зависимости от того, в какой конкретной сформированной на плоскости двумерной модели B_{2i} расположена текущая точка $A_2(t_i)$, врач-кардиолог может 45 делать вывод о возможных заболеваниях пациента в данный момент времени.

Но в N-мерном пространстве состояний ССС объемные образы заболеваний B_i могут совпадать по ряду клинических данных, в связи с этим может происходить наложение спроецированных двумерных B_{2i} друг на друга. Это обстоятельство обуславливает необходимость включения в процесс диагностики состояния ССС 50 процедуры исследования топологии взаимного расположения двумерных B_{2i} с целью определения коллизий их пересечения.

Исключение неоднозначности принятия решения о заболевании ССС, когда

мгновенное значение $A_2(t)$ одновременно может принадлежать двум и более B_{2i} , при их взаимном пересечении и попадании данного мгновенного значения $A_2(t)$ в область пересечения, осуществляют за счет формирования новых образов состояния $A_2^k(t)$ и

5 непересекающихся двумерных моделей различных нозологических форм болезней ССС - B_{2i}^k путем соответствующих k переносов начала координат N -мерного пространства состояния ССС в выбранные экспертом точки на плоскости многоцветного экрана, где $k=1; 2; 3; \dots j$ [9]. При каждом таком переносе начала

10 координат формируют $A_2^k(t)$ и B_{2i}^k путем проецирования $A_N(t)$ и B_i , описанным выше способом, на плоскость $\{X'; Y'\}$, содержащую новое начало координат. После каждого из k переносов начала координат N -мерного пространства состояния ССС и формирования $A_2^k(t)$ и B_{2i}^k осуществляют проверку выполнения условий $A_2^k(t) \subset B_{2i}^k$ или

15 $A_2^k(t) \not\subset B_{2i}^k$. Прекращают процедуры исследования топологии взаимного расположения B_{2i} и формирования $A_2^k(t)$ и B_{2i}^k при выполнении условия, когда $A_2^k(t)$ будет принадлежать какому либо одному из B_{2i}^k или будет справедливо условие $A_2(t) \not\subset B_{2i}$.

20 Для примера, на фиг.3 иллюстрируется топология взаимного положения на плоскости $\{X', Y'\}$ многоцветного экрана видеомонитора двумерного образа состояний ССС, соответствующая моменту времени t_1 - $A_2(t_1)$ относительно двух виртуальных двумерных моделей нозологических форм болезней ССС - B_{21} и B_{22}

25 при k переносе начала координат N -мерного пространства состояния ССС (см. фиг.3). Анализ фиг.3 показывает, что на момент времени t_1 после k переноса начала координат N -мерного пространства состояния ССС не может быть однозначно определено заболевание ССС так, как $A_2(t_1)$ попадает в область пересечения B_{21} и B_{22} . Для исключения данной неоднозначности принятия решения о заболевании ССС,

30 осуществляют процедуру $k+1$ -го переноса координат в выбранную экспертом точку на плоскости $\{X', Y'\}$, после чего формируют описанным выше способом $A_2'(t_1)$, B_{21}' и B_{22}' . Топология взаимного положения двумерного образа состояний ССС, соответствующая моменту времени t_1 - $A_2'(t_1)$ относительно двух виртуальных

35 двумерных моделей нозологических форм болезней ССС - B_{21}' и B_{22}' после $k+1$ переноса начала координат N -мерного пространства состояния ССС иллюстрируется на фиг.4. Анализ фиг.4 показывает, что на момент времени t_1 после $k+1$ переноса начала координат N -мерного пространства состояния ССС виртуальные двумерные модели нозологических форм болезней ССС - B_{21}' и B_{22}' пространственно полностью

40 разделены, а $A_2'(t_1)$ принадлежит только B_{22}' . Такая топология взаимного положения B_{21}' , B_{22}' и $A_2'(t_1)$ позволяет поставить однозначный диагноз.

Для оценки динамики изменения состояния ССС определяют значения величин $\Delta_\tau = A_2(t_1) - A_2(t_2)$ и $d\Delta_\tau / dt$ для заданного временного интервала.

45

Полученные значения Δ_τ и $d\Delta_\tau / dt$, а также результаты периодической проверки выполнения условий $A_2(t) \not\subset B_{2i}$ и $A_2(t) \subset B_{2i}$ на заданном временном интервале

50 позволяют не только оценить текущее состояние ССС, но и сделать прогноз изменения этого состояния, включая возможность осуществления этой процедуры автоматически. Так, например, на фиг.5 иллюстрируется одно из возможных изменений топологии взаимного положения $A_2'(t_1)$ относительно B_{21}' ; B_{22}' (см. фиг.4) за

интервал времени $\Delta_t=t_2-t_1$.

На фиг.5 графически представлена динамика протекания процессов изменения состояния ССС отображается как изменение места локализации точки $A'_i(t_i)$ где $i=1; 2; 3; \dots$, характеризующей состояние конкретного пациента, относительно сформированных двумерных моделей нозологических форм болезней ССС - B'_{21} и B'_{22} интервал времени $\Delta_t=t_2-t_1$.

Таким образом, разрабатываемый способ позволяет получать информацию о состоянии ССС в виде многомерного образа этого состояния, который логически понятен и удобен при использовании его врачом-кардиологом. Это, в свою очередь исключит необходимость проведения врачом-кардиологом анализа большого объема абстрактной информации, в виде, например, информационной цветокодовой матрицы-диаграммы и связанного с этим погрешности при постановке диагноза. Кроме того появляется возможность реализовать процесс автоматизированной оценки состояния ССС и прогнозирования его развития.

Анализ результатов формирования многомерного образа состояния ССС и его визуального отображения, помогает поставить точный диагноз больному, определить скрытые болезни. Важно также отметить, что рассматриваемый подход позволяет отслеживать динамику состояния ССС пациента, на основе анализа поведения годографа $A'_i(t_i)$ на экране монитора, характеризующего диагностируемого пациента.

Таким образом, предлагаемый способ формирования многомерного образа состояния ССС, его визуального отображения и динамического контроля можно рассматривать как новый подход в медицинской диагностике, обеспечивающий для врача-кардиолога информационную поддержку принятия медицинских решений.

Объект исследования и медицинские параметры могут быть самыми различными.

Для проведения оперативного (в реальном масштабе проведения измерений) контроля текущих значений клинических данных весьма эффективным применением способа является режим наблюдения или мониторинга (оперативного просмотра клинических данных с применением ЭВМ).

Применение предлагаемого способа в медицинской практике позволит оперативно контролировать и анализировать закономерности течения болезней, следовательно, может привести к улучшению диагностики болезней, а в некоторых предупредить их развития. Применение предлагаемого способа уже сегодня может найти широкое распространение в клиниках, использующих технологию «Телекардиология».

Источники информации

1. RU 2127075, А61В 5/05, 10.03.1999.

2. Компьютерная обработка и анализ изображений. ВУТЕ. Россия. Журнал для профессионалов. Издат. Дом Питер. 6/7 (22-23), июнь-июль, 2000, стр.54-57.

3. Компьютерная обработка и анализ изображений. ВУТЕ. Россия. Журнал для профессионалов. Издат. Дом Питер. 6/7 (22-23), июнь-июль, 2000, стр.57-59.

4. Справочник терапевта. Том 2. М.: ООО Издат. АСТ. 1998. Стр.703-720.

5. RU 2195017, G06F 19/00, публ. 20.12.2002.

6. Корневский Н.А. Принципы и методы построения интерактивных систем диагностики и управления состоянием здоровья человека на основе полифункциональных моделей: Дис. докт. техн. наук: С-Петербург, 1993. - 322 с.

7. Довгаль В.М., Старков Ф.А., Классификация и распознавание точечных образов с помощью визуализации многомерных объектов [Текст] // Известия Курского государственного технического университета. 2007. №4(21). С.78-80.

8. Лбов Г.С. Методы обработки разнотипных экспериментальных данных -

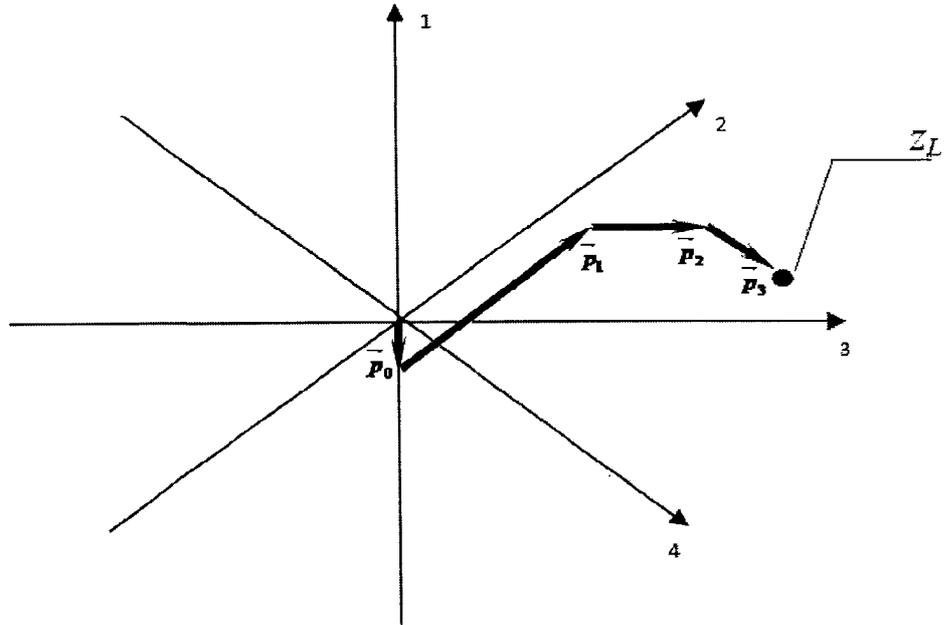
Новосибирск: Наука, 1981. - 158 с.

9. Кочеткова И.А., Использование геометрических методов распознавания образов для поддержки принятия решений врача диагноста / И.А. Кочеткова // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ-23, [текст]: сб. трудов XXIII 5 Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 6. Секция 7 / под общ. ред. В.С. Балакирева. Белгород: Белг. гос. техн. ун-т, 2010. - С.155-157.

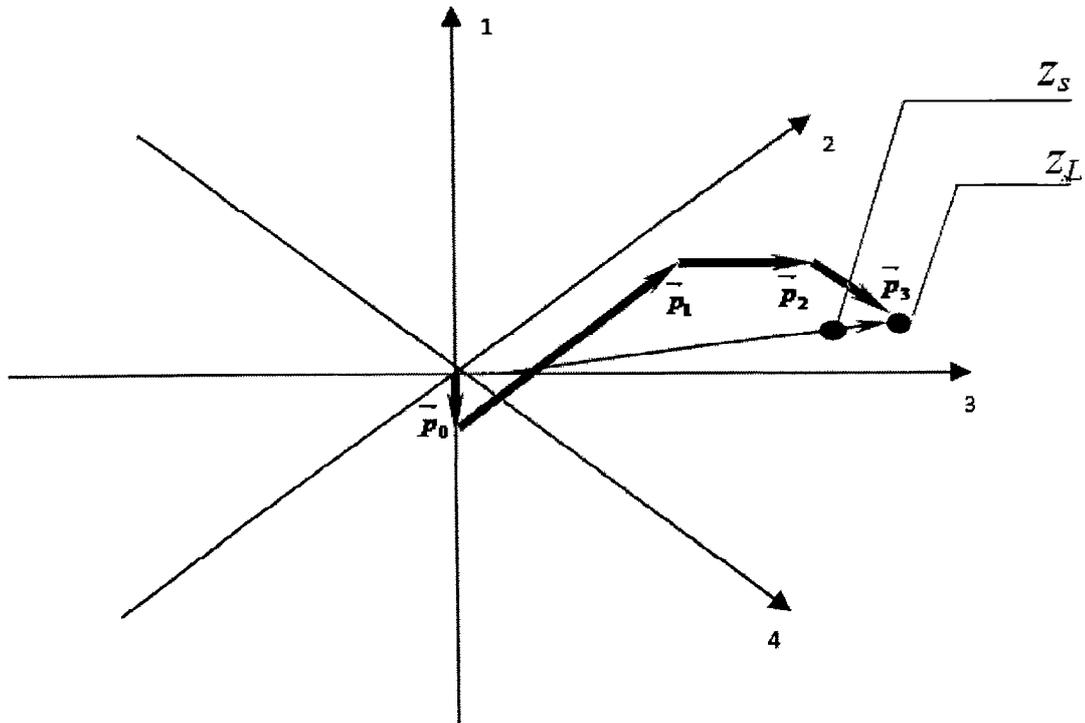
Формула изобретения

10 Способ формирования многомерного образа состояния сердечно-сосудистой системы и его визуализации, заключающийся в измерении и фиксации текущих значений каждого из показателей клинических данных, характеризующих текущее состояние сердечно-сосудистой системы, преобразовании результатов оценки значений 15 показателей клинических данных, фиксации результатов оценки текущих значений каждого показателя клинических данных, в зависимости от времени проведенных измерений, визуальном отображении результатов преобразования оценки текущих значений каждого показателя клинических данных на плоскости, совпадающей с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора, получении 20 информации о динамике состояния сердечно-сосудистой системы, отличающийся тем, что осуществляют оцифровку и весовую обработку зафиксированных мгновенных значений каждого показателя клинических данных в физических величинах, строят объемный образ состояния сердечно-сосудистой системы - $A_N(1)$ в виде совокупности геометрических мест точек в N -мерном пространстве состояний сердечно-сосудистой 25 системы, причем координаты каждой точки N -мерного пространства состояний сердечно-сосудистой системы определяют по совокупности неинвазивно и инвазивно измеряемых в физических величинах оцифрованных мгновенных значений различных клинических данных, характеризующих текущее состояние сердечно-сосудистой 30 системы, формируют двумерные образы состояний сердечно-сосудистой системы - $A_2(t)$ в виде проекций сформированных $A_N(t)$ на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора, запоминают координаты в 2-мерном пространстве состояний сердечно-сосудистой системы каждой точки сформированного $A_2(t)$; строят виртуальные объемные модели различных 35 нозологических форм болезней сердечно-сосудистой системы - V_i , в виде совокупности M - геометрических мест точек в N -мерном пространстве состояния сердечно-сосудистой системы, где $i=1; 2; 3; \dots M$ - число отображаемых заболеваний сердечно-сосудистой системы, при этом координаты каждой точки каждого из V_i определяют по 40 совокупности значений различных клинических данных в физических величинах, описывающих характерную клинико-морфологическую картину соответствующего заболевания и степень выраженности патологии ССС, соответственно, запоминают координаты в N -мерном пространстве состояния сердечно-сосудистой системы всех точек объемных образов V_i , формируют двумерные модели различных нозологических 45 форм болезней сердечно-сосудистой системы - V_{2i} в виде проекций сформированных V_i на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора, запоминают координаты в 2-мерном пространстве состояния сердечно-сосудистой системы всех точек сформированных V_{2i} визуализируют на 50 экране многоцветного видеомонитора сформированные V_{2i} , так, что цвет каждой точки V_{2i} , в видимых диапазонах длин волн $\Delta\lambda_K, \Delta\lambda_O, \Delta\lambda_{Ж}, \Delta\lambda_3, \Delta\lambda_T, \dots, \Delta\lambda_M$ соответствует определенному виду заболевания, а степень патологии характеризуется величиной, обратно пропорциональной длине волны соответствующего диапазона,

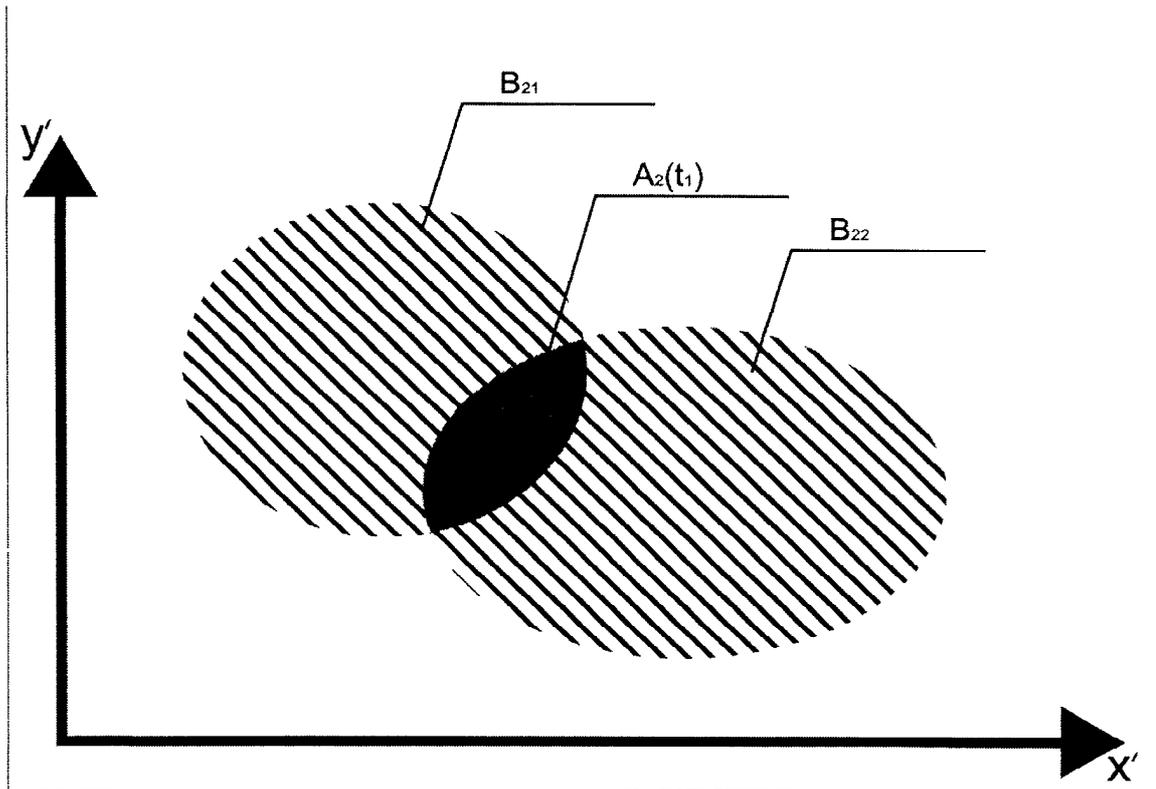
где $\Delta\lambda_{\text{к}}$ - красный цвет, $\Delta\lambda_{\text{о}}$ - оранжевый цвет, $\Delta\lambda_{\text{ж}}$ - желтый цвет, $\Delta\lambda_{\text{з}}$ - зеленый цвет, $\Delta\lambda_{\text{г}}$ - голубой цвет, ..., $\Delta\lambda_{\text{м}}$, осуществляют также визуализацию на экране многоцветного видеомонитора последовательно формируемые во времени значения $A_2(t)$, при этом каждое предыдущее значение $A_2(t)$ соединяют прямыми с последующими их значениями, причем цвет $A_2(t)$ и соединяющих прямых формируют путем сложения красного ($\Delta\lambda_{\text{к}}$), зеленого ($\Delta\lambda_{\text{з}}$) и голубого ($\Delta\lambda_{\text{г}}$) цветов с одинаковой амплитудной пропорцией, проводят проверку выполнения множества условий $A_2(t) \subset B_{2i}$, принимают решение о заболевании сердечно-сосудистой системы при выполнении какого-либо условия из множества $A_2(t) \subset B_{2i}$, исключают при наличии взаимных пересечений B_{2i} неоднозначность принятия решения о заболевании сердечно-сосудистой системы, когда мгновенное значение $A_2(t)$ одновременно принадлежит двум и более B_{2i} , за счет формирования на экране многоцветного видеомонитора каждого из новых образов состояния $A_2^k(t)$ и не пересекающихся образов заболеваний v_{2i}^k путем соответствующих k переносов начала координат N -мерного пространства состояния сердечно-сосудистой системы в выбранные врачом-кардиологом точки на плоскости многоцветного экрана видеомонитора и осуществления процедуры проецирования $A(t)$ и B_i на плоскость, совпадающую с плоскостью отображающего многоцветного экрана видеомонитора, и после каждого из k переносов начала координат N -мерного пространства состояния сердечно-сосудистой системы, где $k=1; 2; 3; \dots; j$, визуализируют на экране многоцветного видеомонитора сформированные $A_2^k(t)$, и v_{2i}^k прекращают процедуру формирования $A_2^k(t)$ и v_{2i}^k при достижении условия, когда $A_2^k(t)$ будет принадлежать только одному v_{2i}^k , принимают решение об отсутствии заболевания, при выполнении условия $A_2(t) \not\subset B_{2i}$, осуществляют оценку динамики изменения состояния сердечно-сосудистой системы по результатам анализа предварительно определенных значений величин $\Delta_{\tau} = A_2(t_1) - A_2(t_2)$ и $\frac{d\Delta_{\tau}}{dt}$ для заданного временного интервала, где $t_1; t_2$ - моменты времени начала и конца заданного временного интервала, соответственно; $\frac{d\Delta_{\tau}}{dt}$ - частная производная по времени от Δ_{τ} .



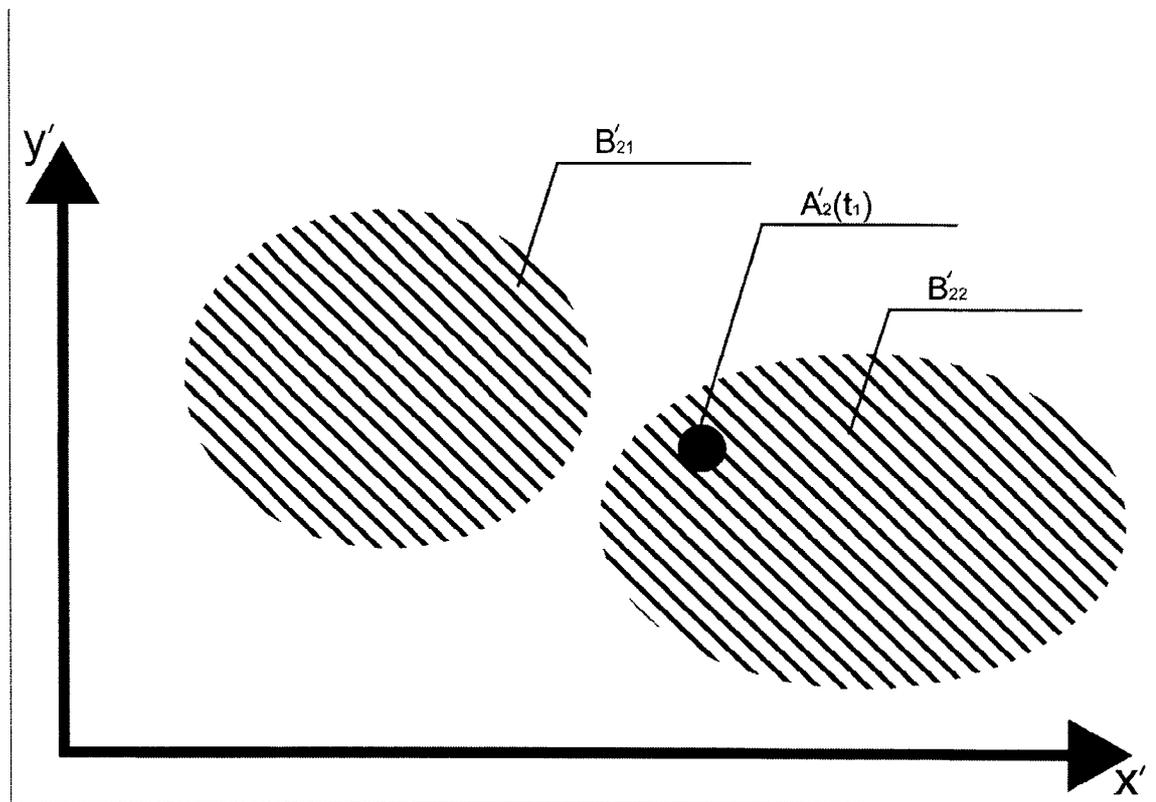
Фиг. 1



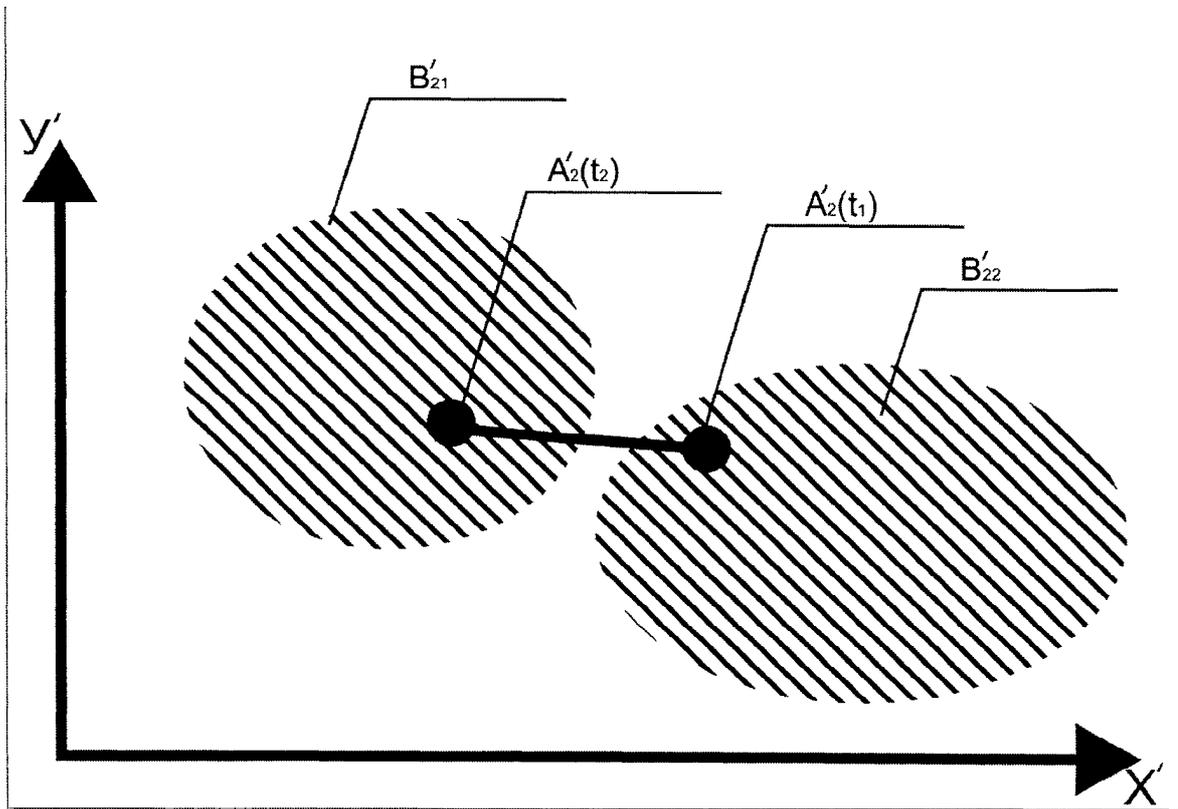
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5