



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A61B 5/02028 (2019.08); A61B 5/7267 (2019.08); A61B 5/7275 (2019.08); G06F 16/285 (2019.08); G06F 17/18 (2019.08); G06F 7/08 (2019.08); G06N 20/00 (2019.08); G06N 5/04 (2019.08); G16H 50/20 (2019.08); A61B 2505/03 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2017131909, 05.02.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.02.2016

Дата регистрации:
29.04.2020

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
12.02.2015 US 62/115,330

(43) Дата публикации заявки: 12.03.2019 Бюл. № 8

(45) Опубликовано: 29.04.2020 Бюл. № 13

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 12.09.2017

(86) Заявка РСТ:
IB 2016/050592 (05.02.2016)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2016/128866 (18.08.2016)

Адрес для переписки:
190000, Санкт-Петербург, БОКС-1125

(72) Автор(ы):

КОНРОЙ Брайан (NL),
ЭШЕЛЬМАН Ларри Джеймс (NL),
ПОТС Кристиан (NL),
СЮЙ Миньнань (NL)

(73) Патентообладатель(и):

КОНИНКЛЕЙКЕ ФИЛИПС Н.В. (NL)

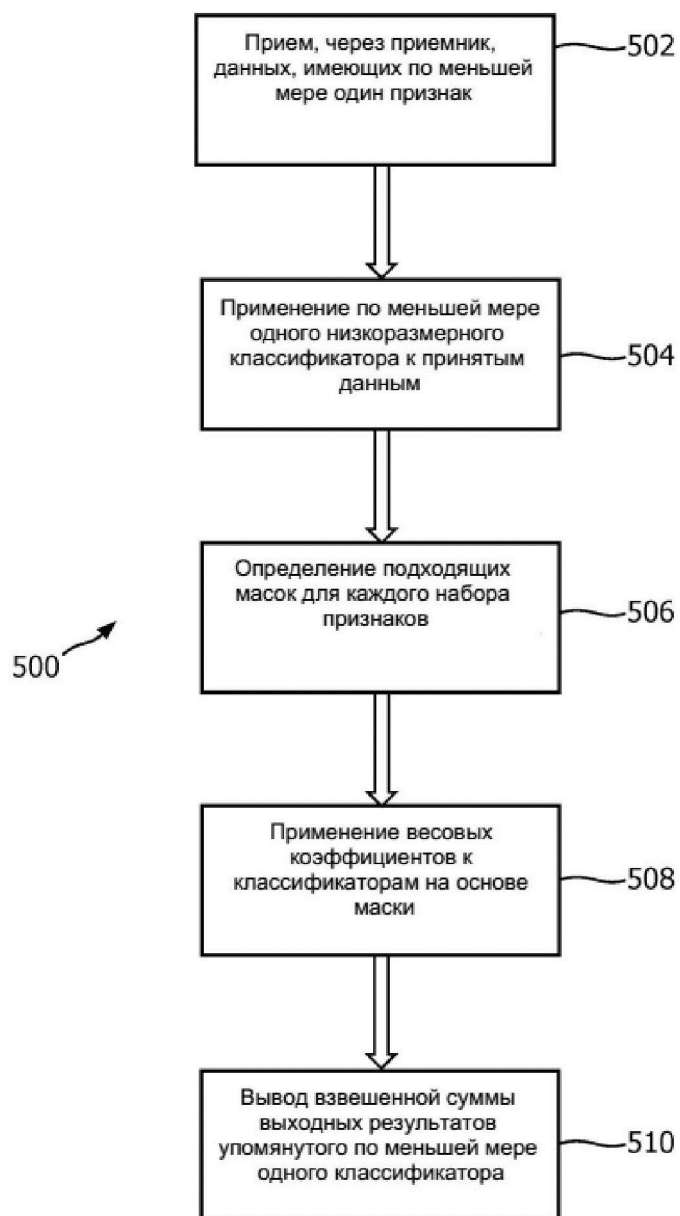
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2006/0120609 A1, 08.06.2006. US
2004/0193036 A1, 30.09.2004. US 2006/0062451
A1, 23.03.2006. US 2006/0184475 A1, 17.08.2006.
RU 2517286 C2, 27.05.2014.

(54) ДОСТОВЕРНЫЙ КЛАССИФИКАТОР

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к вычислительной технике и может быть использована для классификации наборов данных. Техническим результатом является обеспечение достоверного анализа и их классификации даже в случае наличия недостающих или неполных данных. Способ содержит этапы, на которых принимают данные, имеющие по меньшей мере один признак из набора признаков, причем принятые данные

содержат по меньшей мере один учебный пример, применяют по меньшей мере один обученный низкоразмерный классификатор к принятым данным и присваивают весовые коэффициенты для каждого из упомянутого по меньшей мере одного обученного низкоразмерного классификатора и выводят взвешенную сумму, причем весовые коэффициенты зависят от присутствия или отсутствия входного признака в принятых данных. 3 н. и 12 з.п. ф-лы, 6 ил.



ФИГ. 5



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

A61B 5/02028 (2019.08); *A61B 5/7267* (2019.08); *A61B 5/7275* (2019.08); *G06F 16/285* (2019.08); *G06F 17/18* (2019.08); *G06F 7/08* (2019.08); *G06N 20/00* (2019.08); *G06N 5/04* (2019.08); *G16H 50/20* (2019.08); *A61B 2505/03* (2019.08)

(21)(22) Application: **2017131909, 05.02.2016**(24) Effective date for property rights:
05.02.2016Registration date:
29.04.2020

Priority:

(30) Convention priority:
12.02.2015 US 62/115,330(43) Application published: **12.03.2019** Bull. № 8(45) Date of publication: **29.04.2020** Bull. № 13(85) Commencement of national phase: **12.09.2017**(86) PCT application:
IB 2016/050592 (05.02.2016)(87) PCT publication:
WO 2016/128866 (18.08.2016)Mail address:
190000, Sankt-Peterburg, BOKS-1125

(72) Inventor(s):

**KONROJ Brajan (NL),
ESHelman Larri Dzhejms (NL),
POTS Kristian (NL),
SYUJ Minnan (NL)**

(73) Proprietor(s):

KONINKLEJKE FILIPS N.V. (NL)

(54) **RELIABLE CLASSIFIER**

(57) Abstract:

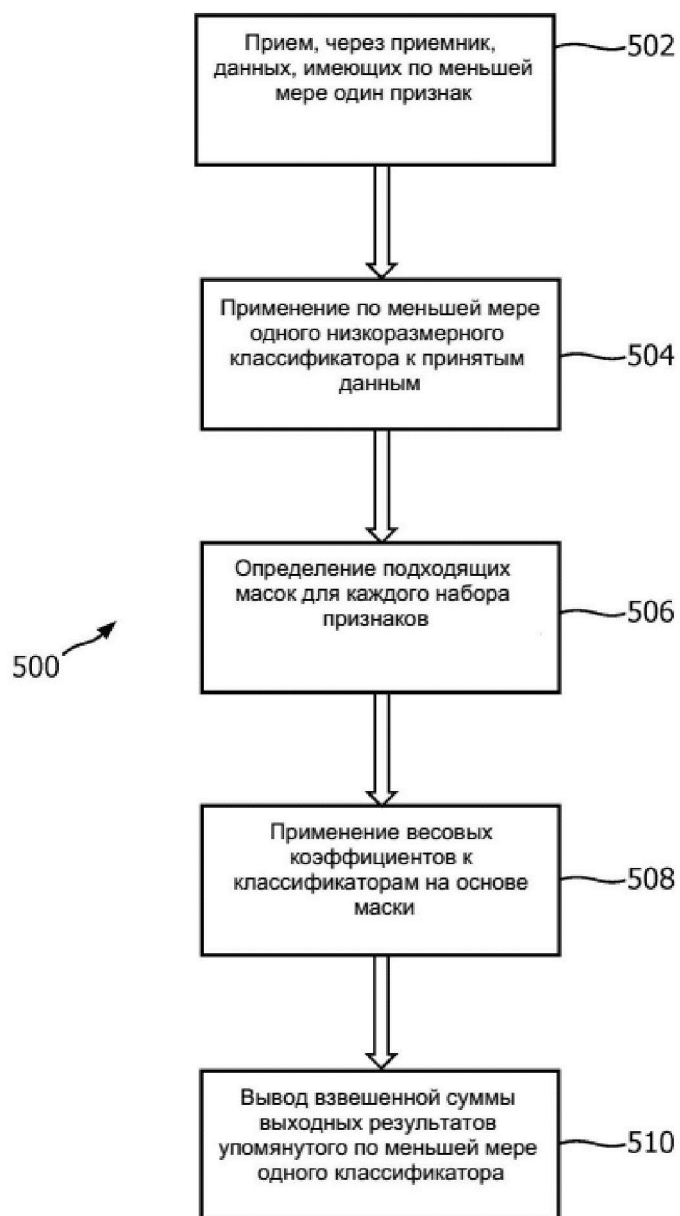
FIELD: computer equipment.

SUBSTANCE: group of inventions can be used to classify data sets. Method comprises steps of receiving data having at least one feature from a set of features, wherein the received data comprises at least one training example, applying at least one trained low-dimensional classifier to the received data and assigning weight coefficients for each of said at least one trained low-

dimensional classifier and outputting the weighted sum, wherein the weighting factors depend on the presence or absence of the input attribute in the received data.

EFFECT: providing reliable analysis and classification thereof even if missing or incomplete data are available.

15 cl, 6 dwg



ФИГ. 5

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0001] Настоящей заявкой испрашивается приоритет по совместно рассматриваемой предварительной заявке на патент Соединенных Штатов №62/115,330, поданной 12 февраля 2015, все раскрытие которой включено посредством ссылки подобно полному формулированию в данный документ для всех целей.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0002] Различные варианты осуществления, описанные в данном документе, в целом относятся к способам и устройствам для достоверной (robust) классификации и, в частности, но не исключительно, к классификации с использованием наборов данных, в которых могут быть недостающие или неполные данные.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0003] К сожалению, наборы данных часто содержат недостающие или неполные данные. Данных может не хватать в отдельно взятом наборе данных по множеству причин, таких как недостаточное наблюдение вследствие человеческой ошибки или неправильно функционирующих устройств сбора данных. Заключение или классификации на основе таких наборов данных поэтому могут быть неточными, независимо от причины недостающих или неполных данных.

[0004] Однако существуют некоторые методики обработки недостающих или неполных данных. Одна методика называется подстановкой данных. Подстановка данных включает в себя вычисление приблизительных значений для недостающих данных. Данная методика может включать в себя создание блока оценки для недостающих значений в отношении заданного признака данных. Оцененные значения могут быть выведены из других значений в наборе данных. Например, оцененные значения могут быть, например, средним значением, медианой, модой по совокупности или чем-либо им подобным.

[0005] Подстановка данных проста в реализации, но не очень точна и может просто вносить шум в данные. Дополнительно, оценкам значений, более усложненным в отличие от вычисления среднего значения или медианы по набору данных, могут потребоваться предварительные сведения о соотношениях между признаками и/или сложные методики оценки для того, чтобы быть эффективными.

[0006] Другая методика обработки недостающих или неполных данных заключается в построении сначала большого количества классификаторов, каждый из которых зависит от различного поднабора признаков. Затем осуществляется идентификация самого подходящего классификатора на основе комбинации измеренных признаков на текущем входе и его оценка для прогнозирования недостающих записей во всей входной комбинации.

[0007] Несмотря на то, что данная методика позволяет избежать проблем с подстановкой данных, упомянутых выше, она имеет свои недостатки. Во-первых, количество возможных поднаборов признаков является комбинаторным в общем количестве признаков. Кроме того, хранение классификаторов по всем возможным поднаборам признаков (или даже их частей) быстро становится неосуществимым с увеличением общего количества признаков.

[0008] Поэтому существует потребность в способах и устройствах для обработки наборов данных с недостающими или неполными данными, которые преодолевают вышеупомянутые недостатки.

РАСКРЫТИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0009] Данное раскрытие сущности изобретения приводится для представления выбора замыслов в упрощенной форме, которые дополнительно описаны ниже в разделе

«Подробное описание». Данное раскрытие сущности изобретения не предназначено для обозначения ключевых признаков или существенных признаков заявляемого объекта изобретения, и при этом оно не предназначено для использования в качестве вспомогательного средства для определения объема заявляемого объекта изобретения.

5 [0010] Различные варианты осуществления относятся к устройству для достоверной классификации. Устройство включает в себя приемник, принимающий данные, причем принятые данные имеют по меньшей мере один признак из набора признаков; запоминающее устройство, выполненное с возможностью хранения считываемых компьютером инструкций для выполнения достоверной классификации; и процессор, взаимодействующий с запоминающим устройством и приемником, причем исполнение считываемых компьютером инструкций для выполнения достоверной классификации предписывает процессору реализовывать: по меньшей мере один низкоразмерный классификатор, взаимодействующий с приемником, при этом каждый из упомянутых по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора связан с соответствующим входным признаком из набора признаков и обеспечивает выдачу выходного результата на основе присутствия входного признака в принятых данных; и вычислитель взвешенных сумм, взаимодействующий с приемником и каждым из упомянутых по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора, причем вычислитель взвешенных сумм обеспечивает выдачу взвешенной суммы выходных результатов упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора.

[0011] В некоторых вариантах осуществления устройства принятые данные содержат по меньшей мере один учебный пример. В некоторых вариантах осуществления устройства каждый из упомянутых по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора обучен с использованием принятого по меньшей мере одного учебного примера. В некоторых вариантах осуществления устройства вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью корректировки весового коэффициента, присвоенного выходному результату каждого из упомянутых по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора, в ответ на принятый по меньшей мере один учебный пример.

30 [0012] В некоторых вариантах осуществления устройства принятые данные выбраны из группы, состоящей из показателей жизненно важных функций и лабораторных измерений. В некоторых вариантах осуществления устройства вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью корректировки весовых коэффициентов в ответ на присутствие или отсутствие по меньшей мере одного признака в принятых данных.

35 [0013] В некоторых вариантах осуществления устройства выходной результат вычислителя взвешенных сумм является оценкой гемодинамической нестабильности.

[0014] В некоторых вариантах осуществления устройства вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью присвоения нулевого весового коэффициента классификатору, с которым связан признак, отсутствующий в принятых данных, или присвоения ненулевого весового коэффициента классификатору, с которым связан признак, присутствующий в принятых данных.

40 [0015] В некоторых вариантах осуществления устройства по меньшей мере один из упомянутых низкоразмерных классификаторов выполнен с возможностью вывода нулевого значения, когда связанный с ним признак отсутствует в принятых данных. В некоторых вариантах осуществления устройства вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью корректировки весового коэффициента, присвоенного выходному результату по меньшей мере одного из упомянутых низкоразмерных классификаторов, выводящих ненулевое значение, в ответ на вывод нулевого значения

по меньшей мере одним из упомянутых низкоразмерных классификаторов.

[0016] Согласно другому аспекту настоящего раскрытия, различные варианты осуществления относятся к способу достоверной классификации. Способ включает в себя этапы, на которых: принимают, через приемник, данные, имеющие по меньшей мере один признак из набора признаков; применяют по меньшей мере один низкоразмерный классификатор к принятым данным, причем каждый из упомянутых по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора связан с соответствующим входным признаком из набора признаков, при этом применение упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора приводит к выходному результату на основе присутствия входного признака в принятых данных; и выводят взвешенную сумму, с использованием вычислителя взвешенных сумм, на основе выходных результатов упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора.

[0017] В некоторых вариантах осуществления прием данных включает прием по меньшей мере одного учебного примера. В некоторых вариантах осуществления каждый из упомянутых по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора обучен с использованием принятого по меньшей мере одного учебного примера. В некоторых вариантах осуществления весовой коэффициент, присвоенный выходному результату каждого из упомянутых по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора, корректируют в ответ на принятый по меньшей мере один учебный пример.

[0018] В некоторых вариантах осуществления способа принятые данные выбирают из группы, состоящей из показателей жизненно важных функций и лабораторных измерений. В некоторых вариантах осуществления присвоенные весовые коэффициенты корректируют в ответ на присутствие или отсутствие по меньшей мере одного признака в принятых данных. В некоторых вариантах осуществления выходная взвешенная сумма является оценкой гемодинамической нестабильности.

[0019] В некоторых вариантах осуществления способа вывод взвешенной суммы выходных результатов классификатора включает назначение нулевого весового коэффициента классификатору, с которым связан признак, отсутствующий в принятых данных, или назначение ненулевого весового коэффициента классификатору, с которым связан признак, присутствующий в принятых данных.

[0020] В некоторых вариантах осуществления способа по меньшей мере один из упомянутых низкоразмерных классификаторов выполнен с возможностью вывода нулевого значения, когда связанный с ним признак отсутствует в принятых данных.

[0021] В некоторых вариантах осуществления способа весовой коэффициент, присвоенный выходному результату по меньшей мере одного из упомянутых низкоразмерных классификаторов, выводящих ненулевое значение, корректируют в ответ на вывод нулевого значения по меньшей мере одним из упомянутых низкоразмерных классификаторов.

[0022] Согласно еще одному аспекту настоящего раскрытия, различные варианты осуществления относятся к считываемому компьютером носителю, содержащему исполняемые компьютером инструкции для выполнения способа достоверной классификации. Носитель включает в себя исполняемые компьютером инструкции для приема, через приемник, данных, имеющих по меньшей мере один признак из набора признаков; исполняемые компьютером инструкции для применения по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора к принятым данным, причем каждый из упомянутых по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора связан с соответствующим входным признаком из набора признаков, при этом применение

упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора приводит к выходному результату на основе присутствия входного признака в принятых данных; и исполняемые компьютером инструкции для вывода взвешенной суммы с использованием вычислителя взвешенных сумм, на основе выходных результатов

[0023] В некоторых вариантах осуществления носителя инструкции для вывода взвешенной суммы выходных результатов классификатора содержат инструкции для присвоения нулевого весового коэффициента классификатору, связанный признак которого отсутствует в принятых данных, или присвоения ненулевого весового коэффициента классификатору, связанный признак которого присутствует в принятых данных.

[0024] В некоторых вариантах осуществления носителя по меньшей мере один из упомянутых низкоразмерных классификаторов выполнен с возможностью вывода нулевого значения, когда связанный с ним признак отсутствует в принятых данных.

[0025] В некоторых вариантах осуществления носителя обеспечена возможность корректировки весового коэффициента, присвоенного выходному результату по меньшей мере одного из упомянутых низкоразмерных классификаторов в ответ на вывод нулевого значения по меньшей мере одним из упомянутых низкоразмерных классификаторов.

[0026] Эти и другие признаки и преимущества, которые характеризуют настоящие неограничивающие варианты осуществления, станут наглядны после прочтения следующего подробного описания и просмотра связанных чертежей. Следует понимать, что как предшествующее общее описание, так и последующее подробное описание являются всего лишь пояснительными, а не ограничительными не ограничивающих вариантов осуществления, согласно заявляемой формуле изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0027] Не подразумевается, что сопроводительные чертежи выполнены с соблюдением масштаба. На чертежах каждый идентичный или почти идентичный компонент, который изображен на различных фигурах, может быть представлен одинаковой ссылочной позицией. В целях ясности не каждый компонент может быть помечен на каждом чертеже. Различные варианты осуществления теперь будут описаны, в качестве примера, со ссылкой на сопроводительные чертежи, на которых:

[0028] На Фиг. 1 показано устройство для достоверной классификации в соответствии с одним вариантом осуществления;

[0029] На Фиг. 2 схематично показан прогнозирующий модуль обучения, который может использоваться совместно с устройством 100 для достоверной классификации с Фиг. 1;

[0030] На Фиг. 3 показана таблица, изображающая примерные признаки, которые могут быть учтены при вычислении гемодинамической оценки с использованием устройства 100 для достоверной классификации с Фиг. 1;

[0031] На Фиг. 4 схематично показан модуль прогнозирования в реальном времени, который может использоваться совместно с устройством 100 для достоверной классификации с Фиг. 1;

[0032] На Фиг. 5 показана блок-схема последовательности операций способа достоверной классификации в соответствии с одним вариантом осуществления; и

[0033] На Фиг. 6 представлена система для достоверной классификации наборов данных в соответствии с одним вариантом осуществления.

ОУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0034] Различные варианты осуществления описаны более полно ниже со ссылкой на сопроводительные чертежи, которые образуют их часть, и на которых показаны частные примерные варианты осуществления. Однако замыслы настоящего изобретения могут быть реализованы во множестве различных форм и не должны рассматриваться в качестве ограниченных вариантами осуществления, сформулированными в данном документе; скорее, эти варианты осуществления предоставлены в качестве части исчерпывающего и завершенного раскрытия, чтобы полностью передать объем замыслов, методик и вариантов реализации настоящего изобретения специалистам в уровне техники. Варианты осуществления на практике могут быть реализованы в качестве способов, систем или устройств. Соответственно, варианты осуществления могут принимать форму реализации в аппаратном обеспечении, реализации полностью в программном обеспечении или реализации, сочетающей варианты выполнения в программном и аппаратном обеспечении. Следующее подробное описание не должно, поэтому, рассматриваться в ограничивающем смысле.

[0035] Упоминание в описании «одного варианта осуществления» означает, что отдельно взятый признак, структура или характеристика, описанная совместно с вариантами осуществления, включена по меньшей мере в один примерный вариант реализации или методику в соответствии с настоящим изобретением. Появления фразы «в одном варианте осуществления» в различных местах в описании не обязательно всегда относится к одному и тому же варианту осуществления.

[0036] Некоторые части описания, которые следуют далее, приведены с точки зрения символических представлений действий над непереходными сигналами, сохраненными внутри запоминающего устройства компьютера. Эти описания и представления используются специалистами в уровнях техники обработки данных для наиболее эффективной передачи сущности их работы другим специалистам в уровне техники. Такие действия обычно требуют физических манипуляций над физическими величинами. Обычно, хотя и не обязательно, эти количественные величины принимают форму электрических, магнитных или оптических сигналов, обладающих возможностью сохранения, переноса, объединения, сравнения и иной манипуляции. Порой удобно, преимущественно по причинам общего пользования, называть эти сигналы битами, значениями, элементами, символами, знаками, терминами, числами или чем-либо им подобным. Кроме того, также порой удобно упоминать некоторые варианты выполнения этапов, требующих физических манипуляций над физическими величинами, в качестве модулей или кодирующих устройств, без потери общности.

[0037] Однако все эти и подобные термины должны быть связаны с подходящими физическими величинами и являются всего лишь удобными названиями, применяемыми к этим количественным величинам. Пока конкретно не заявлено иное, как это наглядно из последующего обсуждения, должно быть понятно, что повсюду в описании, обсуждения, использующие термины, такие как «обработка» или «вычисление», или «расчет», или «определение», или «отображение», или что-либо им подобное, относятся к действию и технологическим процессам компьютерной системы или схожего электронного вычислительного устройства, которое манипулирует и преобразовывает данные, представленные в виде физических (электронных) количественных величин внутри запоминающих устройств компьютерной системы или регистров, или других таких устройств хранения, передачи или отображения информации. Части настоящего изобретения включают в себя процессы и инструкции, которые могут быть воплощены в программном обеспечении, прошивке или аппаратном обеспечении, и, при воплощении в программном обеспечении, могут быть загружены для нахождения на различных,

используемых множеством операционных систем платформах и задействования с них.

[0038] Настоящее раскрытие также относится к устройству для выполнения действий из данного документа. Данное устройство может быть специально выполнено для особых целей, либо оно может содержать компьютер общего назначения, выборочно 5 задействуемый или переконфигурируемый посредством компьютерной программы, сохраненной в компьютере. Такая компьютерная программа может быть сохранена на компьютерочитаемом носителе для хранения информации, таком как, но не ограничивающимся этим, любой тип диска, включающего в себя гибкие диски, оптические диски, CD4ROM, магнитные оптические диски, постоянные запоминающие 10 устройства (ROM), запоминающие устройства с произвольным доступом (RAM), EPROM, EEPROM, магнитные или оптические карточки, специализированные интегральные схемы (ASIC) или любой тип носителя, подходящего для хранения электронных инструкций, и каждый может быть соединен с шиной компьютерной системы. Кроме того, компьютеры, упоминаемые в описании, могут включать в себя единственный 15 процессор или могут быть конструкциями, использующими многопроцессорные архитектуры для увеличения вычислительной возможности.

[0039] Процессы и устройства отображения, представленные в данном документе, по сути, не относятся к какому-либо отдельно взятому компьютеру или другому устройству. Различные системы общего назначения могут также использоваться с 20 программами в соответствии с идеями данного документа, или могут оказаться удобными для реализации более специализированного устройства с целью выполнения одного или более этапов способа. Структура для множества таких систем обсуждается в описании ниже. Кроме этого, может использоваться любой отдельно взятый язык программирования, который достаточен для осуществления методик и вариантов 25 реализации настоящего изобретения. Множество языков программирования может использоваться для реализации настоящего изобретения, обсуждаемого в данном документе.

[0040] Дополнительно, язык, используемый в описании, был преимущественно выбран в целях предоставления четкости и понимания, и, по возможности, не был выбран для 30 очерчивания или ограничения раскрываемого объекта изобретения. Соответственно, настоящее раскрытие считается иллюстративным, а не ограничительным, для объема замыслов, обсуждаемых в данном документе.

[0041] На Фиг. 1 схематично показан достоверный классификатор 100 в соответствии с примерным вариантом осуществления. В данном варианте осуществления достоверный 35 классификатор 100 может включать в себя приемник 102, по меньшей мере одно низкоразмерное классифицирующее устройство $104_{1, 2, 3 \dots n}$ и вычислитель 106 взвешенных сумм. Различные варианты осуществления могут использоваться во множестве вариантов применений, а именно, в любом варианте применения, которое полагается на данные. Например, различные варианты осуществления могут 40 использоваться в области здравоохранения, финансов, анализа рынка, спортивного анализа, розничной торговли и т.д.

[0042] При функционировании приемный элемент 102 принимает по меньшей мере один входной признак по меньшей мере от одного источника данных (не изображен). Если достоверный классификатор 100 реализован в медицинском оборудовании, то, 45 например, источники данных могут быть сенсорными устройствами для сбора информации (то есть признаков) от пациента. Данная информация может относиться к частоте (HR) сердцебиения пациента (в случае которой соответствующее сенсорное устройство является датчиком частоты сердцебиения), кровяному давлению, весу,

метаболизму, возрасту и т.д.

[0043] Несмотря на то, что изображено четыре входных признака, предусматривается, что может использоваться более или менее четырех входных признаков, и количество входных признаков может зависеть от варианта применения. Источники данных могут передавать признаки приемнику 102 через любой тип проводного или беспроводного соединения.

[0044] Данные от каждого из источников данных могут быть связаны по меньшей мере с одним признаком. Признаки могут быть характерными чертами, особенностями или переменными величинами, которые описывают объект обследования (например, пациента). Каждый признак может затем быть передан выделенному низкоразмерному классифицирующему устройству 104.

[0045] Каждое классифицирующее устройство 104 может затем выводить оценку прогнозирования или ноль (0), если какого-либо из его зависимых признаков не хватает. Эти классифицирующие устройства 104 могут быть обучены независимо друг от друга либо все вместе с использованием многомерной методики обучения, такой как бустинг (boosting).

[0046] Оценки затем могут быть переданы в вычислитель 106 взвешенных сумм. Вычислитель 106 взвешенных сумм может также взаимодействовать с приемным устройством 102. Вычислитель 106 взвешенных сумм может присваивать весовые коэффициенты каждому признаку, и весовые коэффициенты, присвоенные сумматором 106, могут зависеть от присутствия или отсутствия конкретных признаков во входных данных. Вычислитель 106 взвешенных сумм может затем выводить сумму взвешенных выходных результатов классификаторов в качестве прогнозирования для модели, тем самым обеспечивая достоверный анализ данных и классификацию даже при недостающих или неполных данных.

[0047] Различные варианты осуществления включают в себя две стадии: (1) обучение и (2) прогнозирование в реальном времени с использованием обученной модели. Стадия обучения может быть дополнительно разбита на (а) обучение низкоразмерных классификаторов и (б) обучение модели динамического ансамбля. В различных вариантах осуществления эти две стадии могут быть выполнены одним и тем же устройством, в то время как в других вариантах осуществления первое устройство может выполнять стадию обучения, в то время как второе устройство выполняет стадию прогнозирования в реальном времени. Например, обучаемое устройство может обработать учебный набор для создания обученной модели, которая может затем быть распространена среди многих прогнозирующих в реальном времени устройств, развернутых в различных местоположениях.

[0048] Различные варианты осуществления обрабатывают недостающие или неполные данные без подстановки данных. Это делает признаки, описанные в данном документе, применимыми для широкого диапазона проблем. Различные варианты осуществления обучают набор низкоразмерных классификаторов и объединяют их в мощный ансамбль. Взвешивание классификаторов в ансамбле является динамическим и изменяется согласно измеренным признакам на текущем входе, что поэтому увеличивает достоверность и устойчивость к недостатку данных.

[0049] На Фиг. 2 показан обучающий модуль 200 в соответствии с одним вариантом осуществления. Обучающий модуль 200 может быть реализован с или, иначе, использован совместно с устройством 100 для достоверной классификации с Фиг. 1. На стадии обучения может на входе приниматься набор из n помеченных учебных примеров $((x)^{(1)}, (y)^{(1)}), \dots ((x)^{(n)}, (y)^{(n)})$ в учебном наборе 202 данных. Каждый входной

$x^{(i)}$ является p -размерной входной комбинацией, и ее j -й входной элемент i -ого учебного примера может быть обозначен как $x_j^{(i)}$; $y^{(i)}$ является связанной безусловной меткой или другим выходным значением, которое было измерено или иначе определено в качестве правильного для входного набора i -ого учебного примера. Допустимы недостающие значения, то есть предполагается, что $x_j^{(i)}$ является недостающим для некоторых признаков j и учебных примеров i . Цель состоит в построении модели, которая будет прогнозировать новые выходные значения (в соответствии с выходными значениями в учебном наборе, $y^{(i)}$) из новых наборов на входе (в соответствии с наборами в учебном наборе, $x^{(i)}$).

[0050] Для достижения данной цели множество одномерных или низкоразмерных классификаторов обучаются с использованием подхода машинного обучения, такого как, например, логистическая или линейная регрессия. Каждый модуль(и) 204 обучения низкоразмерных классификаторов обучает набор из t низкоразмерных классификаторов, $f_1(x)$, $f_2(x)$, ..., $f_m(x)$, где каждый классификатор принимает один или более входных признаков и обеспечивает выдачу выходного результата. Количество обученных классификаторов, m , обычно соответствует порядку количества признаков в наборе данных, p . Например, когда каждый классификатор $f(x)$ является функцией только одного входного признака, то $m=p$. Каждый классификатор выводит оценку прогнозирования или 0, если какого-либо из его зависимых признаков не хватает. Эти классификаторы $f_1(x)$, $f_2(x)$, ..., $f_m(x)$ могут быть обучены независимо друг от друга или все вместе с использованием многомерной учебной методики, такой как бустинг.

[0051] Признаки вариантов осуществления, описанных в данном документе, могут быть реализованы во множестве вариантов применений. А именно, варианты осуществления могут быть выполнены фактически под любой тип полагающегося на данные варианта применения, который может страдать от недостающих или неполных данных.

[0052] В медицинском оборудовании данных относительно некоторых показателей жизненно важных функций пациента и/или лабораторных значений может не хватать, или они могут быть неполными вследствие недостатка в наблюдении за пациентом. Например, устройство наблюдения за пациентом может неправильно функционировать, осуществляющее уход лицо может забыть получить такую информацию, или сбор такой информации может не являться частью плана лечения пациента. Даже когда данные относительно некоторых показателей жизненно важных функций пациента и/или лабораторные значения присутствуют, эти признаки могут быть очень избирательными в прогнозировании аспектов состояния пациента. Поэтому, необходимо иметь методики для использования редко измеряемых или неполных признаков (то есть недостающих данных) в прогнозирующей модели.

[0053] В одном варианте осуществления, например, признаки вариантов осуществления, описанных в данном документе, могут быть использованы для прогнозирования гемодинамической нестабильности пациента. Фундаментальное назначение сердечно-сосудистой системы состоит в обеспечении соответствующего кровоснабжения и насыщения кислородом тканей тела для поддержания нормального, здорового функционирования тканей и органов. При обычных обстоятельствах в здоровой физиологической системе имеется много локальных контуров обратной связи и компенсационных механизмов, которые помогают поддерживать подходящее кровяное давление и функциональное состояние сердца для осуществления достаточного

кровооснабжения конечных органов.

[0054] Тем не менее, среди пациентов, которые физиологически слабы, подобно тем, которые обычно встречаются в отделении интенсивной терапии, эти механизмы могут оказаться нарушенными; серьезные болезненные процессы, такие как сепсис, кровотечение и острая сердечная недостаточность могут приводить в результате к значительному ухудшению этих функций управления, способствуя гемодинамическому истощению. Таким образом, в таких случаях, перед практикующим врачом в отделении интенсивной терапии часто встает задача оптимизации гемодинамики через осмысление несметного количества данных в отделении интенсивной терапии и ответное действие с подходящими вмешательствами в виде внутривенных жидкостей, препаратов крови и фармакологических веществ, чтобы помочь пациенту поддерживать соответствующее функциональное состояние сердца и кровооснабжения. Раннее выявление эпизодов гемодинамической нестабильности и немедленное введение подходящего корректирующего вмешательства могут значительно улучшить состояние пациента.

[0055] Практикующим врачам в отделении интенсивной терапии предоставляется большое количество физиологических данных, состоящих из периодических и часто берущихся измерений (например, каждую секунду, каждую минуту, каждые 5 минут или каждые 15 минут в зависимости от конфигурации конкретного устройства), таких как частота сердцебиения и частота дыхания, а также аperiodических измерений, таких как неинвазивное измерение кровяного давления и лабораторные исследования. Они должны собирать, объединять и истолковывать источники этих многочисленных данных для каждого пациента, находящегося на обследовании. Толкование и ответные действия на угрожающую гемодинамическую нестабильность могут быть, в частности, трудной задачей в присутствии огромного количества данных, частых ложных сигналов тревоги и частых прерываний медицинских процедур.

[0056] Признаки настоящего варианта применения могут поэтому помогать практикующим врачам обнаруживать гемодинамическое истощение на его ранних стадиях или даже перед началом, тем самым предоставляя возможность практикующим врачам фокусирования внимания на тех пациентах, которым это может помочь больше всего. Устройство для достоверной классификации может выполнять это посредством обоснованного объединения данных, которые доступны в текущем окружении в отделении интенсивной терапии. Это является улучшением по сравнению с предыдущими методиками, в которых используется информация, которая не может быть измерена совместно, но будучи измеренной может быть очень важной. Важно подчеркнуть, что данная методика не предназначена заменять существующие надежные механизмы, такие как сигналы тревоги, которые звучат, когда кровяное давление понижается до критического уровня (например, систолическое кровяное давление <90 мм рт.ст.); скорее она предназначена дополнять эти сигналы тревоги, привлекая внимание к предшествующим состояниям, которым, вероятно, потребуются вмешательства, таким образом предоставляя практикующему врачу больше времени в принятии соответствующих мер.

[0057] В данном варианте осуществления выходной результат устройства для достоверной классификации может быть оценкой гемодинамической нестабильности. Данная оценка может использоваться для точного прогнозирования гемодинамической нестабильности пациента даже при том, что некоторой информации может не хватать или она может быть неполной. Несмотря на то, что предыдущее раскрытие относится к оцениванию риска гемодинамической нестабильности, признаки настоящего варианта применения могут быть реализованы в любом другом типе варианта применения (как

в области поддержки принятия клинических решений, так вне ее) и, в частности, в вариантах применения, которые могут страдать от недостающих или неполных данных.

[0058] На Фиг. 3, например, показана таблица 300, в которой приведены примерные признаки, которые могут быть использованы при вычислении оценки гемодинамического риска и частоты их измерений (то есть процент от пациентов по меньшей мере с одним измерением для такого признака). В данном случае, каждый входной признак $x^{(i)}$ может соответствовать признаку, приведенному в таблице 300, а $y^{(i)}$ является меткой состояния пациента (которая в данном случае может быть оценкой риска, представляющая собой стабильность пациента, в частности, оценкой от 0 до 1).

[0059] В таблице 300 с Фиг. 3 показано, что зачастую данные могут быть неполными и что признаки могут не присутствовать или не быть измерены в каждой комбинации признаков. Например, каждого из некоторых признаков, таких как лактат и центральное венозное давление, может не хватать в 80% или более проб.

[0060] Как показано на Фиг. 2, после того, как классификаторы $f_1(x)$, $f_2(x)$, ..., $f_m(x)$ получены (или обучены, например, сгенерированы от модуля 204 обучения низкоразмерных классификаторов), модуль 206 обучения динамического ансамбля присваивает весовые коэффициенты каждому из m низкоразмерных классификаторов для формирования ансамбля. Весовые коэффициенты, присвоенные каждому классификатору $f(x)$, являются динамическими, то есть параметрической функцией присутствия или отсутствия отдельных измеренных признаков на входе. Присвоенное взвешивание модулирует степень воздействия каждого отдельного классификатора на объединенную оценку риска.

[0061] Например, пусть $H(x) = f_1(x_1) + f_2(x_2) + f_3(x_3)$, где эти три одномерных классификатора приблизительно линейно зависят следующим образом:

$$\beta_1 f_1(x_1) + \beta_2 f_2(x_2) + \beta_3 f_3(x_3) \approx 0$$

и β_1 , β_2 и β_3 являются скалярными величинами. Таким образом, несмотря на то что не предполагается, что сами признаки являются зависимыми, предполагается, что прогнозы их одномерного классификатора считаются скоррелированными.

[0062] Цель состоит в точном воспроизведении прогнозов $H(x)$ выше в случае недостающих данных (то есть, если признак не присутствует). Например, пусть в заданной входной комбинации не хватает значения для x_1 ($x_1 = \phi$), что не позволяет $f_1(x_1)$ обеспечить выдачу выходного результата. Можно учесть $f_1(x_1)$ через воспроизведение его при заданных $f_2(x_2)$ и $f_3(x_3)$ следующим образом:

$$H(x = (\phi, x_2, x_3)) \approx \left(1 - \frac{\beta_2}{\beta_1}\right) f_2(x_2) + \left(1 - \frac{\beta_3}{\beta_1}\right) f_3(x_3)$$

Подобные уравнения могут быть выведены при недостающем x_2 или x_3 .

[0063] Следующий этап заключается в идентификации весовых функций $a_1(x)$, ..., $a_m(x)$ для формирования ансамблевого классификатора $H(x)$:

$$H(x) = a_1(x)f_1(x) + \dots + a_m(x)f_m(x)$$

Весовые функции $a(x)$ предоставляются модулем 206 обучения динамического ансамбля, и их частные значения зависят от того, какие признаки присутствуют на входе. То есть:

$$a_1 = s_{i0} + s_{i1}m(x_1) + \dots + s_{ip}m(x_p)$$

где s_{ij} являются коэффициентами, а $m(x_j)$ является указательной маской, которая

приводит в результате к двоичному вектору $m=(m_1, m_2, \dots, m_p)$, где $m_j=0$, когда недостает j -ого признака, или 1, когда j -ый признак измерен. При объединении вышеупомянутых уравнений ансамблевый классификатор может быть записан в следующем виде:

$$H(x) = \sum_{i=1}^m s_{i0} f_i(x) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p s_{ij} f_i(x) m(x_j)$$

[0064] Из данного уравнения классификатор $H(x)$ линеен в коэффициентах, s_{ij} , $i=1, \dots, m$, $j=0, 1, \dots, p$, таким образом эти коэффициенты могут быть изучены с использованием стандартных методик линейной классификации, таких как логистическая регрессия для прогнозирования меток над учебным набором. В частности, для прогнозирования $y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(n)}$ из $H(x^{(2)}), \dots, H(x^{(n)})$.

[0065] Окончательная прогнозирующая модель задана посредством $H(x)$, который составлен из t низкоразмерных классификаторов $f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$, а также весовых функций $a_1(x), \dots, a_m(x)$, которые параметризованы коэффициентами s_{ij} , $i=1, \dots, m$, $j=0, 1, \dots, p$. В варианте применения гемодинамического оценивания, например, коэффициенты s_{ij} , $i=1, \dots, m$, $j=0, \dots, p$ могут быть изучены на вторичной автономной стадии на учебных данных перед развертыванием.

[0066] Таким образом весовой коэффициент каждого классификатора является динамическим и зависит от измерительной комбинации признаков. Это предоставляет окончательному классификатору 100 возможность размещения недостающих данных посредством корректировки степени воздействия других классификаторов (то есть посредством корректировки весовых коэффициентов) в ансамбле на основе присутствия и отсутствия некоторых признаков.

[0067] Как только классификатор построен, он применяется в реальном времени для выполнения классификации на наборах разреженных или неполных данных. На Фиг. 4 показан один вариант осуществления модуля 400 прогнозирования в реальном времени. Модуль 400 прогнозирования в реальном времени может быть реализован с или иначе использован совместно с устройством 100 для достоверной классификации с Фиг. 1. Как только прогнозирующая модель обучена, модуль 400 прогнозирования в реальном времени может оценивать новые входные данные, которые могут включать в себя недостающие данные. На данной стадии оценка прогнозирования присваивается новому входному x посредством вычисления прогноза $H(x)$ модели.

[0068] Входное x 402 может включать в себя последовательность из p признаков $x_1, x_2, \dots, x_p$. Если устройство для достоверной классификации используется при вычислении гемодинамической оценки пациента, как обсуждено выше, эти признаки могут включать в себя любой из признаков, приведенных в таблице 300 с Фиг. 3. Затем, каждый низкоразмерный классификатор $f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$ 404 применяется к входному x , при этом каждый классификатор $f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$ 404 связан с входным признаком $x_1, x_2, \dots, x_p$. В вариантах осуществления, в которых один или более классификаторов 404 могут быть многомерными (например, низкоразмерными, но не одномерными), такие классификаторы могут быть связаны с более одним из входных признаков.

[0069] Маскирующий модуль 406 затем может определить подходящие маски $m(x_1), \dots, m(x_p)$ для каждого из p признаков. Следует заметить, что $m(x_j)=0$, если j -ого признака недостает, и $m(x_j)=1$, если j -ый признак присутствует. Как уже упомянуто ранее, вычислитель 408 взвешенных сумм может присваивать весовые коэффициенты посредством использования следующего уравнения:

$$a_i = s_{i0} + s_{i1}m(x_1) + \dots + s_{ip}m(x_p)$$

[0070] Вычислитель 408 взвешенных сумм применяет весовые коэффициенты $a_1(x)$, ... $a_m(x)$ к выходному результату классификаторов $f_1(x)$, $f_2(x)$, ... $f_m(x)$ для вывода

5 одиночной оценки $H(x)$. В варианте осуществления гемодинамической оценки одиночная оценка риска указателя (hii) гемодинамической нестабильности может быть выражена следующим образом:

$$hii(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^p a_i(\mathbf{x}) f_i(x_i)$$

10 Поскольку это является средневзвешенным значением составляющих одномерных классификаторов для hii, то взвешивание может зависеть от измерительной комбинации на входе (например, какие признаки с Фиг. 3 присутствуют/отсутствуют во входном $\mathbf{x}$). Некоторые признаки могут быть взвешены более или менее строго на основе того, какого(их) признака(ов) недостает.

15 [0071] Вычислитель 408 взвешенных сумм может корректировать весовой коэффициент признака, чтобы по существу заменить недостающий признак, если «заменяющий» признак часто измеряется, когда другой признак не измеряется. В качестве примера в варианте применения оценивания гемодинамической нестабильности гемоглобин и гематокрит имеют сильную взаимную связь, и существует немного случаев,

20 когда измеряют только один из них, поэтому в замене их друг на друга мало ценности. Таким образом, вычислитель 408 взвешенных сумм может быть необъективным в выборе «заменяющих» признаков, которые либо измеряются очень часто, либо измеряются исключительно для недостающего признака.

25 [0072] Существует много соотношений данного вида, которые могут развиваться в варианте применения оценивания гемодинамической нестабильности. Например, со ссылкой на Фиг. 3, лактат измеряется приблизительно только у 17% пациентов. В этих случаях доминирующий признак, который корректируется для учета недостающего признака лактата, является парциальным давлением углекислого газа (PaCO_2) в артериальной крови (которое измеряется у 45% пациентов). Показатель парциального

30 давления углекислого газа в артериальной крови имеет значительный вес, потому как лактат, так и парциальное давление углекислого газа в артериальной крови относятся к анаэробному дыханию.

[0073] В качестве другого примера, измерения бикарбоната (HCO_3) присутствуют

35 всего лишь в 48% примеров. В этих случаях учитываются меры для недостающего бикарбоната посредством корректировки весового коэффициента прогнозирующего устройства для двуокиси углерода (который доступен для 96% примеров, когда недостает бикарбоната). Двуокись углерода взвешивается соответствующим образом, потому что большинство двуокиси углерода в крови существует в виде бикарбоната.

40 [0074] Выведенная оценка hii может присутствовать в ненормированном масштабе, при котором большие положительные значения могут указывать на высокие риски гемодинамической нестабильности, а большие отрицательные значения могут указывать на низкие риски гемодинамической нестабильности. Для создания более интуитивной, удобной для пользователя оценки для практикующих врачей или других заинтересованных сторон такая оценка может быть нормирована, например, через

45 пропускание ее через сигмоидальную функцию, например:

$$HII(\mathbf{x}) = \frac{1}{1 + \exp(-hii(\mathbf{x}))}$$

[0075] Она создает нормированную оценку $HII(x)$ в диапазоне $[0,1]$, где близкие к 1

значения могут указывать на высокий риск гемодинамической нестабильности, а близкие к 0 значения могут указывать на меньший риск гемодинамической нестабильности. Данная оценка может быть представлена практикующему врачу или другому типу медперсонала через графический дисплей. Точно так же оценки НИ могут быть связаны с цветами для дополнительного подчеркивания уровня риска (например, зеленый = малый риск, желтый = средний риск, красный = высокий риск и т.д.).

[0076] На Фиг. 5 показана блок-схема последовательности операций способа 500 достоверной классификации в соответствии с одним вариантом осуществления. Этап 502 включает в себя прием, через приемник, данных, имеющих по меньшей мере один признак. Приемник может принимать данные посредством любого проводного или беспроводного соединения. Эти данные могут относиться к здоровью пациента, например, и могут быть введены медперсоналом и/или приняты от систем или устройств по наблюдению за здоровьем.

[0077] На стадии обучения с прогнозированием принятые данные содержат по меньшей мере один учебный пример. Таким образом, по меньшей мере один низкоразмерный классификатор обучен с использованием учебного примера.

[0078] Этап 504 включает в себя применение по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора к принятым данным. Это приводит к выходному результату на основе принятых данных, причем каждый из низкоразмерных классификаторов связан с одним из признаков в принятых данных.

[0079] Этап 506 включает в себя определение подходящих масок для каждого набора признаков. Как указано ранее, $m(x_j)=0$, если j -ого признака недостает, и $m(x_j)=1$, если j -ый признак присутствует. Данный этап может быть выполнен маскирующим модулем 406.

[0080] Этап 508 включает в себя применение весовых коэффициентов к классификаторам на основе маски. Эти весовые коэффициенты зависят от масок, а именно, от того, какие признаки на входе были измерены. Данный этап может быть выполнен вычислителем 408 взвешенных сумм.

[0081] Этап 510 включает в себя вывод взвешенной суммы выходных результатов упомянутого по меньшей мере одного классификатора. Как указано ранее, взвешенная сумма зависит от, частично, того, какие признаки отсутствуют и какие присутствуют. Весовой коэффициент, присвоенный выходному результату каждого классификатора, также зависит от учебного примера. В варианте применения оценки гемодинамической нестабильности этот выходной результат может быть оценкой гемодинамического риска, указывающей, подвержен ли пациент риску гемодинамической нестабильности.

[0082] На Фиг. 6 показан пример системы 600 аппаратного обеспечения для реализации различных устройств, которые могут участвовать в различных системах, описанных в данном документе. Аппаратное обеспечение 600 может реализовывать мобильное устройство пользователя или мобильное устройство сторонника. Как показано на Фиг. 6, аппаратное обеспечение 600 включает в себя одну или более системных шин 610, которые соединяют процессор 620, кэшпамять/системное запоминающее устройство 630, пользовательский интерфейс 640, интерфейс 650 связи и хранилище 660. Следует понимать, что Фиг. 6 является всего лишь примерной и представляет собой, в некотором отношении, абстракцию, и что фактическая организация компонентов аппаратного обеспечения 600 может изменяться и быть более сложной в отличие от изображенной.

[0083] Процессор 620 может быть любым устройством, выполненным с возможностью исполнения инструкций, сохраненных в запоминающем устройстве 630 или хранилище

660, или иной обработки данных. Как таковой, процессор 620 может включать в себя микропроцессор, программируемую вентильную матрицу (FPGA), специализированную интегральную схему (ASIC) или другие подобные устройства. В некоторых вариантах осуществления, в частности, которые полагаются на одну или более ASIC,

5 функциональность, описанная предоставляемой частично через программное обеспечение, может вместо этого быть реализована аппаратно в функционировании специализированных интегральных схем (ASIC) и, соответственно, связанное программное обеспечение может быть опущено.

10 [0084] Кэш-память/системное запоминающее устройство 630 может включать в себя различные запоминающие устройства, такие как, например, кэш-память или системное запоминающее устройство уровня L1, L2 или L3. Как таковое, запоминающее устройство 630 может включать в себя статическое запоминающее устройство с произвольным доступом (SRAM), динамическое RAM (DRAM), флэш-память, постоянное запоминающее устройство (ROM) или другие подобные запоминающие устройства.

15 [0085] Пользовательский интерфейс 640 может включать в себя одно или более устройств для предоставления возможности связи с пользователем, таким как администратор. Например, пользовательский интерфейс 640 может включать в себя устройство отображения, координатный манипулятор типа «мышь», клавиатуру, сенсорный экран, кнопки, камеру, микрофон, вибрационный механизм, относящийся к осязанию механизм и т.д. В некоторых вариантах осуществления пользовательский интерфейс 640 может включать в себя интерфейс командной строки или графический пользовательский интерфейс, который может быть представлен удаленному терминалу через интерфейс 650 связи.

25 [0086] Интерфейс 650 связи может включать в себя одно или более устройств для предоставления возможности связи с другими устройствами. Например, интерфейс 650 связи может включать в себя сетевую интерфейсную плату (NIC), выполненную с возможностью осуществления связи согласно протоколу Ethernet. Дополнительно, интерфейс 650 связи может реализовывать стек TCP/IP для связи согласно протоколам TCP/IP. Также предусмотрено другое альтернативное или дополнительное аппаратное обеспечение или конфигурации для интерфейса 650 связи. В некоторых вариантах осуществления интерфейс 650 связи может включать в себя NFC, Bluetooth или другой интерфейс беспроводной связи малой дальности. Также предусмотрено другое альтернативное или дополнительное аппаратное обеспечение или конфигурации для интерфейса 650 связи.

35 [0087] Хранилище 660 может включать в себя один или более машиночитаемых носителей хранения информации, в частности, постоянное запоминающее устройство (ROM), запоминающее устройство с произвольным доступом (RAM), носитель хранения информации на магнитных дисках, оптический носитель хранения информации, устройства на флэш-памяти или подобные носители хранения информации. В различных вариантах осуществления хранилище 660 может хранить инструкции для исполнения процессором 620 или данные, над которыми процессор 620 может осуществлять действия. Например, хранилище 660 может хранить операционную систему 661 для управления различными основными действиями аппаратного обеспечения 600.

45 [0088] Операционная система 661 может включать в себя различные компоненты, описанные ранее. Эти компоненты могут быть модулем 662 для низкоразмерных классификаторов, например, который может быть подобным модулю 204 обучения низкоразмерных классификаторов с Фиг. 2, например. Эти компоненты могут обучать набор из t низкоразмерных классификаторов, $f_1(x)$, $f_2(x)$, ..., $f_m(x)$, где каждый

классификатор принимает один или более входных признаков и обеспечивает выдачу выходного результата.

[0089] Другой компонент операционной системы 661 может быть модулем 663 обучения динамического ансамбля. Модуль 663 обучения динамического ансамбля с Фиг. 6 может быть подобным модулю 206 обучения динамического ансамбля с Фиг. 2, например. Модуль 663 обучения динамического ансамбля может присваивать весовые коэффициенты каждому из m низкоразмерных классификаторов для формирования ансамбля. Как указано ранее, весовые коэффициенты, присвоенные каждому классификатору $f(x)$ являются динамическими и могут модулировать степень воздействия каждого отдельного классификатора на объединенную оценку риска.

[0090] Низкоразмерный(е) классификатор(ы) 664 может(могут) быть подобным(и) низкоразмерным классификаторам 404 с Фиг. 4, например. Каждый классификатор 664 $f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$ связан с входным признаком $x_1, x_2, \dots, x_r$. В вариантах осуществления, в которых один или более классификаторов 664 могут быть многомерными (например, низкоразмерными, но не одномерными), такие классификаторы могут быть связаны с более одним из входных признаков.

[0091] Маскирующий модуль 665 может быть подобен маскирующему модулю 406 с Фиг. 4, например. Как указано ранее, маскирующий модуль 665 может определять подходящие маски $m(x_1), \dots, m(x_r)$ для каждого из r признаков. Следует заметить, что $m(x_j)=0$, если j -ого признака недостает, и $m(x_j)=1$, если j -ый признак присутствует.

[0092] Вычислитель 666 взвешенных сумм может быть подобен вычислителю 408 взвешенных сумм с Фиг. 4, например. Как указано ранее, вычислитель 666 взвешенных сумм применяет весовые коэффициенты $a_1(x), \dots, a_m(x)$ к выходному результату классификаторов $f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$ для вывода одиночной оценки $H(x)$. Она является средневзвешенным значением составляющих одномерных классификаторов, и взвешивание может зависеть от измерительной комбинации на входе. Некоторые признаки могут быть взвешены более или менее строго на основе того, какого(их) признака(ов) недостает.

[0093] Несмотря на описание и изображение нескольких вариантов осуществления в данном документе средние специалисты в уровне техники легко предложат разнообразие других средств и/или структур для выполнения функций и/или получения результатов и/или одного или более из преимуществ, описанных в данном документе, при этом предполагается, что каждая из таких разновидностей и/или видоизменений охвачена настоящим изобретением. В более общем смысле, специалисты в уровне техники легко понимают, что все параметры, размерности, материалы и конфигурации, описанные в данном документе, понимаются в качестве примерных, и что фактические параметры, размерности, материалы и/или конфигурации будут зависеть от конкретного варианта или вариантов применения, для которых используются идеи настоящего изобретения. Специалисты в уровне техники догадаются или смогут выявить с использованием не более, чем обычного экспериментирования, много эквивалентов для частных вариантов осуществления изобретения, описанного в данном документе. Поэтому, следует понимать, что предшествующие варианты осуществления представлены только в качестве примера и что, в объеме прилагаемой формулы изобретения и ее эквивалентов, настоящее изобретение на практике может быть реализовано иначе в отличие от того, как оно, в частности, описано и заявлено. Настоящее изобретение относится к каждому отдельному признаку, системе, изделию, материалу и/или способу, описанным в данном документе. Кроме того, любое сочетание

двух или более таких признаков, систем, изделий, материалов и/или способов, если такие признаки, системы, изделия, материалы и/или способы не являются взаимно несовместными, включено в объем настоящего изобретения.

[0094] Следует понимать, что упоминание в данном документе грамматических показателей единственного числа в описании и в формуле изобретения, если ясно не

указано обратное, означает «по меньшей мере один».

[0095] Следует понимать, что фраза «и/или», используемая в описании и в формуле изобретения, означает «какой-либо или оба» из элементов, объединенных таким образом, например, элементы, которые присутствуют совместно в некоторых случаях и присутствуют по отдельности в других случаях. Другие элементы могут в качестве дополнительной возможности присутствовать кроме элементов, в частности обозначенных утверждением «и/или», либо связанными, либо не связанными с теми элементами, в частности обозначенными, пока ясно не указано обратное. Таким образом, в качестве не ограничивающего примера, упоминание «А и/или В», при использовании совместно с открытым языком, таким как «содержащий», может относиться, в одном варианте осуществления, к А без В (в качестве дополнительной возможности включая в себя элементы кроме В); в другом варианте осуществления, к В без А (в качестве дополнительной возможности включая в себя элементы кроме А); в еще одном варианте осуществления, как к А, так и к В (в качестве дополнительной возможности включая в себя другие элементы); и т.д.

[0096] Согласно использованию в данном документе в описании и в формуле изобретения следует понимать, что «или» имеет то же значение что и «и/или», как задано выше. Например, при разделении объектов в списке, «или» или «и/или» должны толковаться в качестве включающих, например, включения по меньшей мере одного, но также и включающих в себя более одного, из числа или списка элементов, и, в качестве дополнительной возможности, дополнительных не включенных в список объектов. Только термины, которые явно указаны обратным образом, в частности, «только один из» или «точно один из» или, при использовании в формуле изобретения, «состоящий из» относятся к включению точно одного элемента из числа или списка элементов. В целом, термин «или», используемый в данном документе, должен истолковываться только в качестве указывающего на исключительные альтернативы (например, «один или другой, но не оба»), которым предшествуют термины исключительности, такие как «любой один», «один из», «только один из» или «точно один из». «По существу состоящий из», при использовании в формуле изобретения, должно иметь свое обычное значение, используемое в области патентного права.

[0097] Следует понимать, что используемая в данном документе в описании и в формуле изобретения фраза «по меньшей мере один», относительно списка из одного или более элементов, означает по меньшей мере один элемент, выбранный из любого одного или более элементов в списке элементов, но не обязательно включая по меньшей мере один из всех элементов, в частности приведенных в списке элементов и не исключая любые сочетания элементов в списке элементов. Данное определение также делает возможным, чтобы в качестве дополнительной возможности могли присутствовать элементы за исключением элементов, в частности обозначенные в списке элементов, к которым фраза «по меньшей мере один» относится, либо связанными, либо не связанными с теми элементами, в частности обозначенными. Таким образом, в качестве не ограничивающего примера, «по меньшей мере один из А и В» (или, эквивалентно, «по меньшей мере один из А или В,» или эквивалентно «по меньшей мере один из А и/или В») может относиться, в одном варианте осуществления, по меньшей мере к одному,

в качестве дополнительной возможности включающему в себя более одного, А, без присутствия В (и в качестве дополнительной возможности включая в себя элементы за исключением В); в другом варианте осуществления, по меньшей мере к одному, в качестве дополнительной возможности включая в себя более одного, В, без присутствия А (и в качестве дополнительной возможности включая в себя элементы за исключением А); в еще одном варианте осуществления, по меньшей мере к одному, в качестве дополнительной возможности включая в себя более одного, А, и по меньшей мере один, в качестве дополнительной возможности включая в себя более одного, В (и в качестве дополнительной возможности включая в себя другие элементы); и т.д.

[0098] Следует понимать, что в формуле изобретения, так же как в описании выше, все переходные фразы, такие как «содержащий», «включающий в себя», «несущий», «имеющий», «обладающий», «включающий в себя», «вмещающий» и т.п., являются открытыми, например, означают включающий в себя, но не ограниченный этим.

[0099] Только переходные фразы «состоящий из» и «состоящий по существу из» должны быть закрытыми или полузакрытыми переходными фразами, соответственно, как изложено в Руководстве патентного бюро США по проведению процедуры патентной экспертизы (United States Patent Office Manual of Patent Examining Procedures), раздел 2111.03.

[00100] Использование порядковых терминов, таких как «первый», «второй», «третий» и т.д., в формуле изобретения для видоизменения элемента пункта формулы изобретения отдельно не означает приоритета, превосходства или порядка одного элемента пункта формулы изобретения над другим, или временного порядка, в котором выполняются действия способа, а используются всего лишь в качестве обозначений, чтобы отличать один элемент пункта формулы изобретения, имеющий некоторое название, от другого элемента, имеющего то же самое название (но с использованием порядкового термина), чтобы отличать элементы пункта формулы изобретения.

[00101] Также следует понимать, что, пока явно не указано обратное, в любых способах, заявляемых в данном документе, которые включают в себя более одного этапа или действия, порядок таких этапов или действий способа не обязательно ограничен порядком, в котором изложены этапы или действия способа.

(57) Формула изобретения

1. Устройство для достоверной классификации наборов данных с недостающими или неполными данными, содержащее:

- приемник, принимающий данные, причем принятые данные имеют по меньшей мере один признак из набора признаков и по меньшей мере один учебный пример;
- запоминающее устройство, выполненное с возможностью хранения считываемых компьютером инструкций для выполнения достоверной классификации даже при отсутствии по меньшей мере одного признака в наборе признаков;
- процессор, взаимодействующий с запоминающим устройством и приемником, причем исполнение считываемых компьютером инструкций для выполнения достоверной классификации предписывает процессору реализовывать:
 - по меньшей мере один обученный низкоразмерный классификатор, взаимодействующий с приемником, при этом каждый из упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора связан с соответствующим входным признаком из набора признаков и обеспечивает выдачу выходного результата на основе присутствия входного признака в принятых данных; и
 - вычислитель взвешенных сумм, взаимодействующий с приемником и каждым

упомянутым по меньшей мере одним обученным низкоразмерным классификатором, причем вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью присваивания весовых коэффициентов каждому из упомянутого по меньшей мере одного обученного низкоразмерного классификатора и обеспечивает выдачу взвешенной суммы выходных результатов упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора, причем весовые коэффициенты, присвоенные вычислителем, зависят от присутствия или отсутствия входного признака в принятых данных,

вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью корректировки весового коэффициента, присвоенного выходному результату каждого из упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора, в ответ на принятый по меньшей мере один учебный пример,

причем вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью корректировки весового коэффициента, присвоенного выходному результату по меньшей мере одного из упомянутых низкоразмерных классификаторов, выводящих ненулевое значение, в ответ на вывод нулевого значения по меньшей мере одним из упомянутых низкоразмерных классификаторов.

2. Устройство по п. 1, в котором каждый из упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора обучен с использованием принятого по меньшей мере одного учебного примера.

3. Устройство по п. 2, в котором вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью корректировки весового коэффициента, присвоенного каждому из упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора, в ответ на принятый по меньшей мере один учебный пример.

4. Устройство по п. 1, в котором выходной результат вычислителя взвешенных сумм является оценкой гемодинамической нестабильности.

5. Устройство по п. 1, в котором вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью присвоения нулевого весового коэффициента классификатору, с которым связан признак, отсутствующий в принятых данных, или присвоения ненулевого весового коэффициента классификатору, с которым связан признак, присутствующий в принятых данных.

6. Устройство по п. 1, в котором по меньшей мере один из упомянутых обученных низкоразмерных классификаторов выполнен с возможностью вывода нулевого значения, когда связанный с ним признак отсутствует в принятых данных.

7. Способ обработки наборов данных с недостающими или неполными данными, выполняемый процессором, исполняющим сохраненные в запоминающем устройстве инструкции для выполнения достоверной классификации даже при отсутствии по меньшей мере одного признака в наборе признаков, включающий этапы, на которых: принимают, через приемник, данные, имеющие по меньшей мере один признак из набора признаков;

причем принятые данные содержат по меньшей мере один учебный пример, применяют по меньшей мере один обученный низкоразмерный классификатор к принятым данным, причем каждый из упомянутого по меньшей мере одного обученного низкоразмерного классификатора связан с соответствующим входным признаком из набора признаков, при этом применение упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора приводит к выходному результату на основе присутствия входного признака в принятых данных; и

присваивают, с использованием вычислителя взвешенных сумм, весовые коэффициенты для каждого из упомянутого по меньшей мере одного обученного

низкоразмерного классификатора и выводят взвешенную сумму, с использованием упомянутого вычислителя взвешенных сумм, на основе выходных результатов упомянутого по меньшей мере одного обученного низкоразмерного классификатора, причем весовые коэффициенты, присвоенные вычислителем, зависят от присутствия

5 или отсутствия входного признака в принятых данных,

вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью корректировки весового коэффициента, присвоенного выходному результату каждого из упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора, в ответ на принятый по меньшей мере один учебный пример,

10 причем вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью корректировки весового коэффициента, присвоенного выходному результату по меньшей мере одного из упомянутых низкоразмерных классификаторов, выводящих ненулевое значение, в ответ на вывод нулевого значения по меньшей мере одним из упомянутых низкоразмерных классификаторов.

15 8. Способ по п. 7, в котором каждый из упомянутого по меньшей мере одного обученного низкоразмерного классификатора обучен с использованием принятого по меньшей мере одного учебного примера.

9. Способ по п. 7, в котором весовой коэффициент, присвоенный каждому из упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора, корректируют

20 в ответ на принятый по меньшей мере один учебный пример.

10. Способ по п. 7, в котором выведенная взвешенная сумма является оценкой гемодинамической неустойчивости.

11. Способ по п. 7, в котором вывод взвешенной суммы выходных результатов классификатора включает назначение нулевого весового коэффициента классификатору,

25 с которым связан признак, отсутствующий в принятых данных, или назначение ненулевого весового коэффициента классификатору, с которым связан признак, присутствующий в принятых данных.

12. Способ по п. 7, в котором по меньшей мере один из упомянутых обученных низкоразмерных классификаторов выполнен с возможностью вывода нулевого значения,

30 когда связанный с ним признак отсутствует в принятых данных.

13. Компьютерочитаемый носитель для некрatkовременного хранения информации, содержащий исполняемые компьютером инструкции для исполнения процессором для выполнения способа достоверной классификации по набору признаков даже при

35 отсутствии по меньшей мере одного признака, содержащий:
исполняемые компьютером инструкции для приема, через приемник, данных, имеющих по меньшей мере один признак из набора признаков;

причем принятые данные содержат по меньшей мере один учебный пример,

исполняемые компьютером инструкции для применения по меньшей мере одного обученного низкоразмерного классификатора к принятым данным, причем каждый из

40 упомянутого по меньшей мере одного обученного низкоразмерного классификатора связан с соответствующим входным признаком из набора признаков, при этом применение упомянутого по меньшей мере одного обученного низкоразмерного классификатора приводит к выходному результату на основе присутствия входного признака в принятых данных; и

45 исполняемые компьютером инструкции для присваивания, с использованием вычислителя взвешенных сумм, весовых коэффициентов для каждого из упомянутого по меньшей мере одного обученного низкоразмерного классификатора и вывода взвешенной суммы, с использованием упомянутого вычислителя взвешенных сумм, на

основе выходных результатов упомянутого по меньшей мере одного обученного низкоразмерного классификатора, причем весовые коэффициенты, присвоенные вычислителем, зависят от присутствия или отсутствия входного признака в принятых данных,

5 вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью корректировки весового коэффициента, присвоенного выходному результату каждого из упомянутого по меньшей мере одного низкоразмерного классификатора, в ответ на принятый по меньшей мере один учебный пример,

10 причем вычислитель взвешенных сумм выполнен с возможностью корректировки весового коэффициента, присвоенного выходному результату по меньшей мере одного из упомянутых низкоразмерных классификаторов, выводящих ненулевое значение, в ответ на вывод нулевого значения по меньшей мере одним из упомянутых низкоразмерных классификаторов.

15 14. Носитель по п. 13, в котором инструкции для вывода взвешенной суммы выходных результатов классификатора и присвоенных весовых коэффициентов содержат инструкции для назначения нулевого весового коэффициента классификатору, с которым связан признак, отсутствующий в принятых данных, или назначения ненулевого весового коэффициента классификатору, с которым связан признак, присутствующий в принятых данных.

20 15. Носитель по п. 13, в котором по меньшей мере один из упомянутых обученных низкоразмерных классификаторов выполнен с возможностью вывода нулевого значения, когда связанный с ним признак отсутствует в принятых данных.

25

30

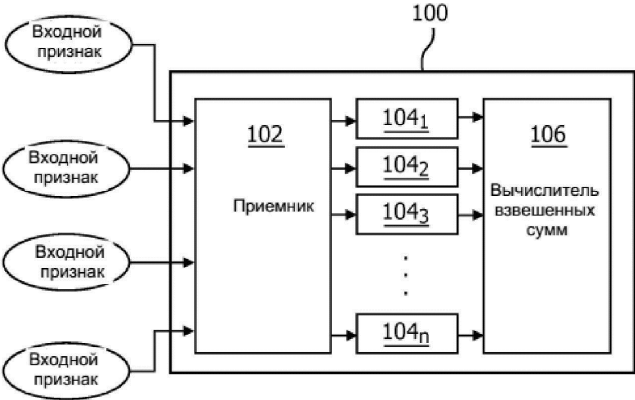
35

40

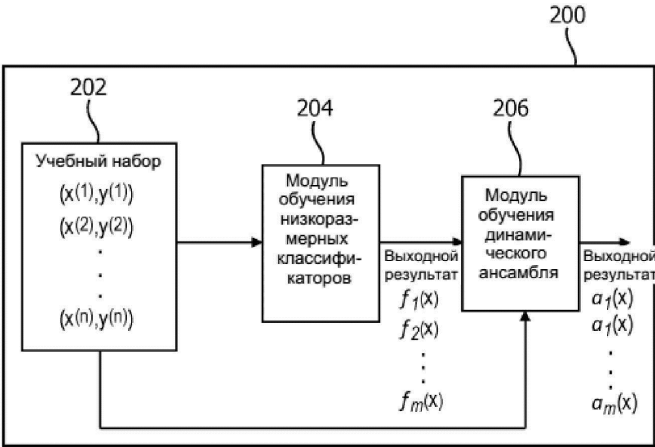
45

1

1/5



ФИГ. 1



ФИГ. 2

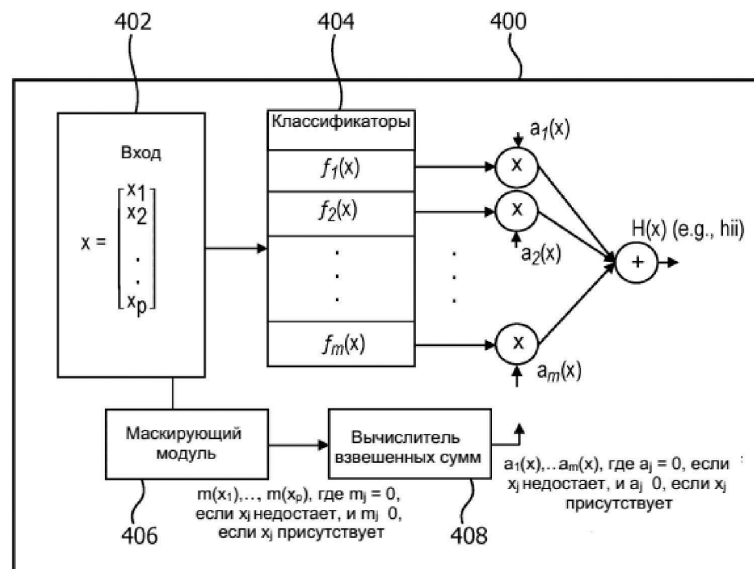
2

2/5

Газ артериальной крови		Инвазивные жизненно важные показатели	
Артериальное pH	45%	Инвазивное среднее кровяное давление (iBPMean)	22%
Бикарбонат (HCO ₃)	48%	Инвазивное систолическое кровяное давление (iBPSys)	23%
Артериальный PaCO ₂	45%	Инвазивное диастолическое кровяное давление (iBPDia)	23%
Sao ₂	43%	Инвазивный шоковый индекс (ISI)	24%
Артериальный избыток оснований	29%	Центральное венозное давление (CVP)	14%
Параметры аппарата ИВЛ		Неинвазивные жизненно важные показатели/персональные данные	
Коэффициент PF	27%	Неинвазивное среднее кровяное давление (nBPMean)	99%
Установленный FIO ₂	30%	Неинвазивное систолическое кровяное давление (nBPSys)	99%
Среднее давление в дыхательных путях (MAP)	8%	Неинвазивное диастолическое кровяное давление (nBPDia)	99%
Пиковое давление на входе (PIP)	10%	Частота сердцебиения	100%
		Неинвазивный шоковый индекс (NSI)	98%
		Возраст	98%
		Температура (T)	21%
Основная метаболическая панель		Объемная метаболическая панель	
Двуокись углерода (CO ₂)	96%	Аланиновая Аминотрансфераза (ALT)	71%
Хлорид	97%	Альбумин	71%
Азот мочевины крови (BUN)	97%	Щелочная Фосфатаза (ALP)	70%
Креатинин	97%	Аспартатаминотрансфераза (AST)	72%
Калий	97%	Общий билирубин	73%
Натрий	97%	Общий протеин	67%
Глюкоза	97%		
Кальций	96%		
Полный анализ крови		Профиль полного анализа крови	
WBC – Лейкоциты	96%	Палочкоядерные Гранулоциты	9%
RBC	96%	Базофилы (Basos)	40%
Гематокрит	97%	Эозинофилы (Eos)	40%
Гемоглобин	97%	Лимфоциты (Lymphs)	41%
Тромбоциты	96%	Моноциты (Monos)	40%
		Нейтрофилы (Polys)	40%
		Индекс соотношения нейтрофилов и лимфоцитов (NLR)	40%
Дополнительные тесты			
Амилаза	15%	Лактат-Дегидрогеназа (LHD)	14%
СРК	44%	Магний	57%
СРК MB	38%	Частичное Тромбопластиновое Время (PTT)	64%
Ионизированный кальций	19%	Протромбиновое Время (INR)	69%
Лактат	17%	Триглицерид	20%

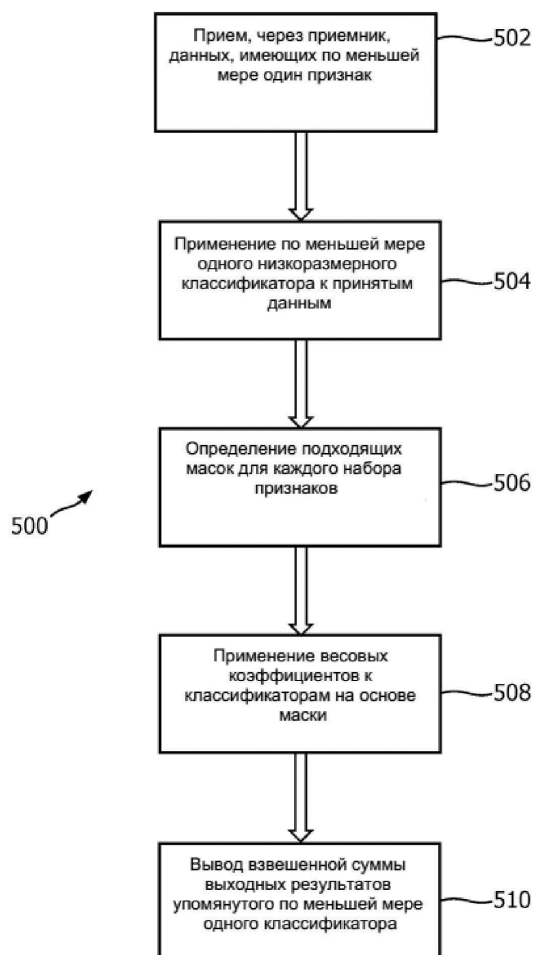
ФИГ. 3

3/5



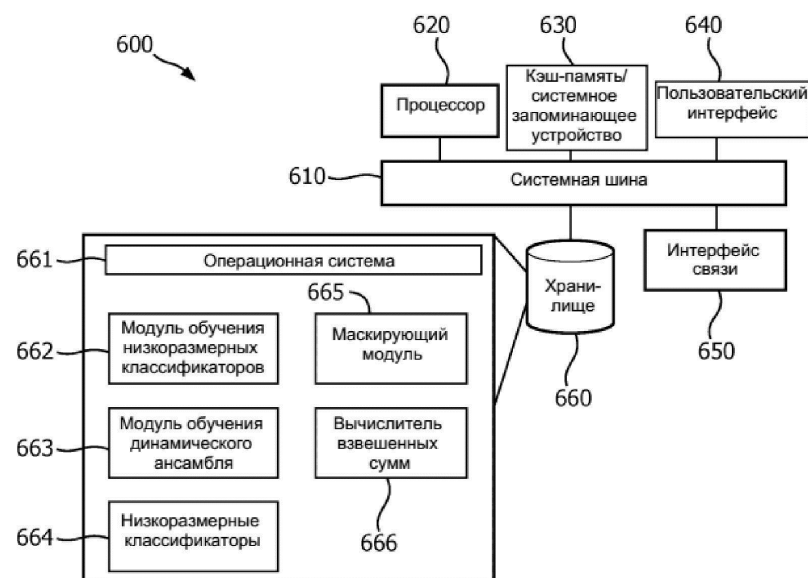
ФИГ. 4

4/5



ФИГ. 5

5/5



ФИГ. 6