

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044909**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.10.11

(51) Int. Cl. **G16H 10/60** (2018.01)
G16H 50/20 (2018.01)

(21) Номер заявки
202390296

(22) Дата подачи заявки
2021.07.02

(54) СИСТЕМА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ

(31) **2020122475**

(32) **2020.07.10**

(33) **RU**

(43) **2023.07.12**

(86) **PCT/RU2021/050200**

(87) **WO 2022/010384 2022.01.13**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "К-
СКАЙ" (RU)**

(72) Изобретатель:

**Гусев Александр Владимирович,
Новицкий Роман Эдвардович (RU)**

(74) Представитель:

**Котлов Д.В., Яшмолкина М.Л.,
Лазебная Е.А. (RU)**

(56) **RU-C2-2703679**
WO-A1-2020117869
RU-A-2016134756

(57) Изобретение относится к области автоматизированных систем медицинской диагностики. Способ обучения системы поддержки принятия врачебных решений с использованием математических моделей представления пациентов, выполняемый на сервере, включающий этапы, на которых: формируют первичный массив структурированных данных о группе пациентов на основе собранных данных с по меньшей мере датчиков систем мониторинга здоровья пациентов, информации, полученной из проведенных анализов, данных анамнеза, данных о симптоматике; осуществляют предварительную обработку и индексацию первичного массива данных; осуществляют мониторинг наборов медицинских показателей и факторов, влияющих на состояние пациента с использованием алгоритмов извлечения признаков и медицинских онтологий; осуществляют формирование окончательного массива структурированных данных; производят автоматическую разметку полученной последовательности медицинских фактов по каждому пациенту, используя извлеченные из электронной медицинской карты пациента диагнозы или другие интересующие факты; производят предварительное обучение моделей исходя из динамики состояний пациентов; производят обучение финальных моделей с параметрами, отобранными при предварительном обучении, и настраивают систему для формирования предложения по лечению последующих пациентов. Технический результат заключается в автоматизации поддержки принятия решений для оказания медицинских манипуляций и в возможности моделировать процессы и тенденции в организме пациента, выявлять влияние медикаментов и назначенного лечения, определять вероятность летального исхода пациента после операций или назначения лечения.

B1**044909****044909****B1**

Область техники

Изобретение относится к области автоматизированных систем медицинской диагностики для сокращения времени расчета факторов риска и групп рисков заболеваний и их осложнений, включая формирование рекомендаций о профилактике, принципах лечения и тактике ведения пациента.

Уровень техники

Из уровня техники известно решение RU 2016134756 А, 25.08.2016, в котором раскрыта распределенная информационно-аналитическая система "Персональный электронный медицинский консультант", в состав которой входят модуль, интерпретирующий запрос пользователя и выполняющий на основании запроса переход к перечню предпочтительных мероприятий, входящих в базу вариаций деперсонализированных случаев; центральное хранилище данных для хранения деперсонализированных данных пользователя, его электронных запросов и полученных на основании таких данных результатов диагностирования, общую реляционную модель типизированных запросов пользователя с корректирующими развесовками, позволяющая предложить коррекцию питания и оптимизацию.

Из уровня техники известно еще одно решение, выбранное в качестве наиболее близкого аналога, RU 103209 U1, 29.10.2010. В данном решении раскрыта клиническая информационная система, характеризующаяся тем, что содержит компьютеризированные рабочие места лечащего врача, оснащенные устройствами ввода/вывода и связанные по сети с контроллером сообщения с подсистемой ввода первичной информации о каждом пациенте, в состав которой входит блок для ввода общих данных о пациенте, блок для ввода сведений об анамнезе с жалобами пациента, блок для ввода сведений о клинических исследованиях, проведенных лечащим врачом в отношении пациента, блок для ввода сведений по результатам инструментально-лабораторных исследований, блок для ввода сведений о способах и методах лечения и блок для отражения поставленного лечащим врачом диагноза, для проведения лечащим врачом дифференциации клинических и инструментально-лабораторных данных для установления диагноза, указанная подсистема ввода первичной информации через обменную шину сообщена с подсистемой информационной поддержки, выполненной с функцией демонстрации информационно-справочного материала на дисплее компьютеризированного рабочего места лечащего врача, соответствующего виду сведений, введенных в подсистему ввода первичной информации о каждом пациенте сведений, и включающей в себя блок со сведениями по общим справочникам, связанным с блоком для ввода общих данных о пациенте, блок со сведениями по группам заболеваний, содержащим совпадения по жалобам пациента, связанный с блоком для ввода сведений об анамнезе с жалобами пациента, блок со сведениями по клиническим исследованиям, связанным с блоком для ввода сведений о клинических исследованиях, блок со сведениями об инструментальных и лабораторных исследованиях, связанным с блоком для ввода сведений по результатам инструментально-лабораторных исследований, блок сведений о формах стандартов неспецифического и специфического лечения, связанный с блоком для ввода сведений о способах и методах лечения, и блок сведений по установленным диагнозам, связанный с блоком для отражения поставленного лечащим врачом диагноза, указанная подсистема ввода первичной информации связана через общую шину с общей базой медицинских данных, блоком интеллектуально-аналитической и статистической обработки информации, блоком автоматизированной обработки информации, которые сообщены в режиме обмена информацией между собой, и блоком формирования медицинской отчетности, при этом блок интеллектуально-аналитической и статистической обработки информации выполнен с возможностью реализации функции математической и аналитической обработки данных о пациенте в текущий момент времени по показателям клинического состояния пациента, динамике развития заболевания и результатов лечения, блок автоматизированной обработки информации выполнен с возможностью реализации функции предоставления фармакологических данных и реализующий в режиме реального времени сопоставление и анализ данных по различным фармакологическим группам лекарственных препаратов между собой, и включает в себя связанные между собой через обменную шину базу со сведениями о фармакологических препаратах и базу со сведениями о совместимости препаратов и их действии при совместном применении.

Приведенные выше известные из уровня техники решения направлены на решение проблемы автоматизированной медицинской диагностики. Однако стоит отметить, что разработчики постоянно совершенствуют вышеуказанные системы, что увеличивает точность диагностики и удобство использования системы квалифицированными сотрудниками медицинских организаций.

Предлагаемое решение направлено на устранение недостатков современного уровня техники и отличается от известных ранее тем, что предложенный способ поддержки принятия врачебных решений, для определения оценки степени рисков заболеваний, основан на применении методов искусственного интеллекта, кроме того, способ позволяет автоматически формировать и отправлять пакет деперсонализированных медицинских данных пациента.

Сущность изобретения

В настоящее время электронная медицинская карта одного пациента представляет огромное количество разнообразной информации от социальных данных до множества документов с результатами исследований.

Технической проблемой, на решение которой направлено заявленное решение, является необходи-

мость в систематизации всей имеющейся информации о пациенте, создание структуры ее представления и выявляющей предполагаемый диагноз и динамику развития заболеваний, которые охарактеризованы в независимых пунктах формулы. Дополнительные варианты реализации настоящего изобретения представлены в зависимых пунктах изобретения.

Технический результат заключается в автоматизации поддержки принятия решений для оказания медицинских манипуляций и в возможности моделировать процессы и тенденции в организме пациента, выявлять влияние медикаментов и назначенного лечения, определять вероятность летального исхода пациента после операций или назначения лечения.

Заявленный результат достигается за счет применения способа обучения системы поддержки принятия врачебных решений, с использованием математических моделей, представления пациентов, выполняемый на сервере, включающий этапы, на которых:

формируют первичный массив структурированных данных о группе пациентов на основе собранных данных с по меньшей мере датчиков систем мониторинга здоровья пациентов, информации полученной из проведенных анализов, данных анамнеза, данных о симптоматике;

осуществляют предварительную обработку и индексацию первичного массива данных;

осуществляют мониторинг наборов медицинских показателей и факторов, влияющих на состояние пациента с использованием алгоритмов извлечения признаков и медицинских онтологий;

осуществляют формирование окончательного массива структурированных данных;

производят автоматическую разметку полученной последовательности медицинских фактов по каждому пациенту, используя извлеченные из электронной медицинской карты пациента диагнозы или другие интересующие факты;

производят предварительное обучение моделей исходя из динамики состояний пациентов;

производят обучение финальных моделей с параметрами, отобранными при предварительном обучении, и настраивают систему для формирования предложения по лечению последующих пациентов.

В частном варианте реализации предлагаемого решения, электронной медицинской карты пациента включает, по меньшей мере, следующие данные: состояние пациента, методы лечения пациента, средства, используемые при лечении пациента, результаты анализов.

В другом частном варианте реализации предлагаемого решения, способ формирования методов представляет собой экспертную систему.

В другом частном варианте реализации предлагаемого решения, способ формирования методов представляет собой нейронную сеть.

Заявленный результат также достигается за счет системы поддержки принятия врачебных решений с использованием моделей представления пациентов, которая включает по меньшей мере один пользовательский клиент и по крайней мере один сервер, соединенные с помощью клиент-серверной архитектуры, при этом сервер, выполнен с возможностью осуществления способа обучения системы поддержки принятия врачебных решений, с использованием математических моделей, представления пациентов.

Описание фигур

Реализация изобретения будет описана в дальнейшем в соответствии с прилагаемыми чертежами, которые представлены для пояснения сути изобретения и никоим образом не ограничивают область изобретения. К заявке прилагаются следующие чертежи:

Фиг. 1. иллюстрирует пример работы система для поддержки принятия врачебных решений.

Фиг. 2. иллюстрирует процесс взаимодействия СППВР и МИС.

Фиг. 3 иллюстрирует пример общей схемы вычислительного устройства.

Фиг. 4 иллюстрирует структуру хранения данных для обработки.

Детальное описание изобретения

Предлагаемое решение предназначено для использования квалифицированными сотрудниками медицинских организаций в целях сокращения времени расчета факторов риска и групп рисков заболеваний и их осложнений, включая формирование рекомендаций о профилактике, принципах лечения и тактике ведения пациента.

Ниже будут описаны термины, использующиеся в предлагаемом решении.

Векторное представление - общее название для различных подходов к моделированию языка и обучению представлений в обработке естественного языка, направленных на сопоставление словам (и, возможно, фразам) из некоторого словаря векторов из R^n для n , значительно меньшего количества слов в словаре.

Теоретической базой для векторных представлений является дистрибутивная семантика. Существует несколько методов для построения такого сопоставления, например, используют нейронные сети, методы понижения размерности в применении к матрицам совместных упоминаний слов (англ. word co-occurrence matrices) и явные представления, обучающиеся на контекстах упоминаний слов (англ. explicit representations).

Векторное представление пациента - вектор, на основании физиологических параметров пациента, анамнеза, истории болезней и их лечения (методов и хода лечения, прописанных препараты и т.п.) и т.д., позволяющий прогнозировать развития заболеваний, диагностировать, формировать рекомендации,

стратегии лечения и т.д. для конкретного пациента.

Дистрибутивная семантика - это область лингвистики, которая занимается вычислением степени семантической близости между лингвистическими единицами на основании их распределения (дистрибуции) в больших массивах лингвистических данных (текстовых корпусах). Дистрибутивная семантика основывается на дистрибутивной гипотезе: лингвистические единицы, встречающиеся в схожих контекстах, имеют близкие значения.

Нейронная сеть представляет собой структуру, состоящую из искусственных нейронов, определенным образом связанных друг с другом и внешней средой с помощью связей, каждая из которых имеет определённый коэффициент, на который умножается поступающее через него значение (эти коэффициенты называют весами). В процессе функционирования нейронная сеть осуществляет преобразование данных, конкретный вид которого определяется весами межнейронных связей, видом активационной функции нейронов, архитектурой и конфигурацией сети.

Нейронные сети представляют собой модели, основанные на машинном обучении, т.е. приобретают необходимые свойства в процессе обучения, который заключается в итеративной подстройке весов сети по некоторому правилу, называемому алгоритмом обучения.

При построении нейронных сетей может применяться как обучение с учителем (для многослойных перцептронов), так и без учителя (для сетей Кохонена).

Наиболее часто нейронные сети используются для решения следующих задач: Аппроксимация функций - восстановление функциональных зависимостей из обучающих данных.

Классификация - определение принадлежности входного образа (объекта), представленного вектором признаков, к одному из предварительно заданных классов.

Кластеризация - группировка объектов на основе близости их свойств. Прогнозирование - предсказание значения $y(t_{n+1})$ при заданной последовательности $y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)$.

Оптимизация - нахождение решения, удовлетворяющего системе ограничений и максимизирующим или минимизирующим целевую функцию.

Ассоциативная память - память, адресуемая по содержанию, используемая в системах сверхбыстрого поиска.

Управление - расчет такого входного воздействия на систему, при котором она следует по желаемой траектории.

Нозология - раздел научной медицины и биологии, посвященный учению о болезни.

Онтология - всеобъемлющая и детальная формализация некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы. Обычно такая схема состоит из иерархической структуры данных, содержащей все релевантные классы объектов, их связи и правила (теоремы, ограничения), принятые в этой области.

Регуляризация (в статистике, машинном обучении, теории обратных задач) - метод добавления некоторой дополнительной информации к условию с целью решить некорректно поставленную задачу или предотвратить переобучение. Эта информация часто имеет вид штрафа за сложность модели, например, это могут быть ограничения гладкости результирующей функции или ограничения по норме векторного пространства.

Стемминг (англ. stemming) - процесс нахождения основы слова для заданного исходного слова. Основа слова необязательно совпадает с морфологическим корнем слова.

СППВР - система поддержки принятия врачебных решений.

Факт (медицинский факт) - данные, описывающие пациента, в том числе способы его лечения и связь упомянутых данных с другими медицинскими фактами.

Электронная медицинская карта, (электронный паспорт пациента) - ЭМК; англ. electronic health record - EHR) - база данных, содержащая сведения о пациенте: физиологические параметры пациента, анамнез, истории болезней и их лечение (методы и ход лечения, прописанные препараты и т.п.), которая создается в медицинском учреждении. В том числе электронная медицинская карта пациентов содержит записи пациентов, включающих, по меньшей мере, следующие данные: дату добавления записи, коды диагнозов, симптомов, процедур и лекарств, текстовое описание истории болезни на естественном языке, ассоциированные с историей болезни биомедицинские изображения, результаты исследований и анализов пациентов.

На фиг. 1. изображена схема работы "Системы для поддержки принятия врачебных решений" (далее - СППВР). В основе СППВР используется анализ деперсонифицированных медицинских данных пациента (далее - ДМДП), полученных от медицинской информационной системы (далее - МИС).

Алгоритм работы СППВР заключается в последовательном выполнении следующих этапов.

СППВР интегрируется с МИС медицинской организации посредством открытых API систем.

В МИС, используемой в медицинской организации, в процессе работы аккумулируются различные данные о пациентах, включая общую и медицинскую информацию: рост, вес, цифры артериального давления и т.д., зарегистрированные заболевания и обращения в медицинские организации, протоколы обследований, данные врачебных осмотров, хирургических вмешательств и др.

В МИС очень много данных хранится в обычном текстовом виде, например, протоколы врачебных осмотров, жалобы пациента, результаты инструментальных исследований и т.д., данные в таком виде не

пригодны для создания дата-сетов и машинного обучения. Для того, чтобы другие сервисы СППВР или сторонние системы могли извлекать из таких текстовых записей структурированные признаки, был разработан сервис извлечения данных из медицинских записей.

Сервис построен на основе методов искусственного интеллекта, предназначенных для обработки естественного языка (Natural language processing - NLP). Эти возможности как раз и позволяют сервису извлекать из обычных текстовых медицинских протоколов клинически-значимую неразмеченную информацию, которая затем используется для выявления факторов риска и подозрений на скрытые заболевания.

Схема работы сервиса представлена на фиг. 2 и включает следующие шаги.

Принимают текстовую строку на естественном языке. Осуществляют предобработку принятой строки. Строку после предобработки подают на вход обученной математической модели для извлечения структурированных признаков. Осуществляют формирование размеченной строки, в которой выделены признаки и их значения и осуществляют постобработку данной строки. Выходом математической модели будет отчет о полученных признаках. В результате выполнения интеграции с СППВР, когда пользователи МИС получают доступ к ресурсам СППВР, включая доступ к математическим моделям, пользователи МИС получают возможность использования двух режимов взаимодействия с системой: "Консультация в ручном режиме" и "Консультация в автоматическом режиме".

При использовании режима работы "Консультация в ручном режиме" пользователь МИС через web-браузер получает доступ к диалоговому окну "Анализ данных пациента", где в ручном режиме заполняет поля с необходимыми медицинскими показателями о пациенте, после чего направляет запрос данных на анализ в СППВР.

В качестве входных показателей на прямую в систему могут поступать не только данные вводимые пользователями, но и автоматически поступать с электронных медицинских карт, аппаратуры постоянного мониторинга здоровья и систем поддержания жизнедеятельности.

При использовании режима работы "Консультация в автоматическом режиме" МИС из медицинских записей пациента (ЭМК на уровне медицинской организации) автоматически формирует и отправляет пакет деперсонифицированных медицинских данных пациента (в формате JSON) в СППВР через открытые API системы. Полученный из МИС пакет деперсонифицированных медицинских данных пациента попадает в блок "Обработка входных данных", где происходит предварительная обработка, которая включает в себя в том числе выявление и корректировку опечаток и ошибок, проверку информации на допустимые данные. Например, данные содержат информацию о росте человека 300 см, следовательно, такие значения недопустимы, так как такого роста человека не может быть.

Следующий шаг - индексация первичного массива данных, основанная на математической модели, построенной на базе нейронной сети прямого распространения, которая включает в себя процесс расстановки индексов в соответствии с требованиями модели и последующий мониторинг наборов медицинских показателей и факторов влияющий на состояние пациентов с использованием системы извлечения признаков и медицинских онтологий. В первую очередь требованиями могут быть сами данные (количество признаков на входе), у каждой модели они свои, а также в качестве требований может выступать порядок признаков на входе, поэтому в том числе проводится индексирование. Каждый признак в том числе проверяется на "допустимость" типа рост не меньше 0,5 м и не больше 2,5 м, температура тела не меньше 25 и не больше 42 градусов, систолическое давление не менее 60 и не более 300 и так далее.

Под медицинскими онтологиями, в материалах настоящей заявки применяются для представления (хранения) знаний в предметной области в виде связей и максимально точного описания явлений разработаны специальные онтологии.

Различаются две группы онтологий:

1) Онтологии формирования медицинских признаков из элементарных терминов (правила формирования структурных, функциональных, параметрических, патологических и других медико-биологических признаков).

2) Онтологии описания патологических процессов и других медицинских явлений (правила моделирования факторов риска, распространённости, этиологии, патогенеза, клинической картины, диагностики, дифференциальной диагностики, лечения, профилактики, исхода патологических процессов, межлекарственных взаимодействий, ограничений к применению и т.п.). Большинство онтологий допускают моделирование динамики процесса и персонификации отношений.

Например, размеченные структурированные данные представлены как: "Рост=180 см", "Вес=80 кг" и "САД=120 мм рт.ст." и "ДАД=90 мм рт.ст.".

Неразмеченные данные на естественном языке представлены как: "Мужчина, 50 лет. Жалоб не предъявляет. При осмотре АД 120 на 90, рост 180, вес 80 кг, талия 80 см".

После извлечения признаков методами NLP рассмотренная выше строка в размеченном варианте, пригодном для последующей машинной обработки, будет выглядеть следующим образом: "Мужчина, 50 лет. Жалоб не предъявляет. При осмотре АД 120 на 90 <feature AD=120/90>, рост 180 <feature rost=180>, вес 80 кг <feature ves=80>, талия 80 см".

Далее осуществляют формирование окончательного массива структурированных данных.

Сформированный в результате предобработки набор признаков пациента далее передается для анализа в блок "Выявление факторов риска", который работает на основе правил, сформированных с учетом научных медицинских публикаций и клинических рекомендаций, одобренных ассоциациями и сообществами практикующих врачей. Например, решающее правило для оценки функционального состояния сердечнососудистой системы может быть использовано следующим образом:

если рассчитанная величина логистической функции F , для оценки функционального состояния сердечнососудистой системы для конкретного пациента $\geq 0,68$, то его следует отнести в группу высокого кардиоваскулярного риска. При углубленном обследовании высока вероятность (более 80%) выявить у такого пациента изменения сердца или сосудов, характерные для ишемической болезни сердца (ИБС) и артериальной гипертензии (АГ);

если величина $F < 0,68$ в группу низкого кардиоваскулярного риска. В клинических рекомендациях, разработанных по поручению Минздрава России и утвержденных обществом специалистов по неотложной кардиологии и профильной комиссией по кардиологии в качестве факторов риска ИБС используются:

модифицируемые факторы риска:

Гиперхолестеринемия;

Артериальная гипертония;

Сахарный диабет;

Курение;

Низкая физическая активность;

Ожирение,

немодифицируемые:

Мужской пол;

Возраст;

Отягощенность семейного анамнеза по сердечнососудистым заболеваниям.

По итогам работы блока "Выявление факторов риска" формируется пакет данных, содержащий выявленные факторы риска и признаки, необходимые для оценки рисков, который далее направляется в блок "Оценка рисков".

На основании выявленных факторов риска и признаков в блоке "Оценка рисков" выполняется оценка степени рисков заболеваний, основанная на применении методов искусственного интеллекта (решающие правила и машинное обучение). Оценка степени рисков заболеваний, представляет собой общую оценку степени риска для здоровья пациента, основанную на учете всех факторов риска, не допускается статистическая компенсация одних факторов риска другими. Так, например, пациент с нормальным кровяным давлением и низким уровнем холестерина в крови, имеющий хороший генетический анамнез, занимающийся физическими упражнениями и пристегивающий ремень безопасности в автомобиле, может получить хорошую оценку степени риска, несмотря на тот факт, что он курит сигареты.

Блок "Оценка рисков" отвечает за сбалансированную оценку суммарного риска на основе клинических рекомендаций, когда имеется клинически проверенная информация о влиянии того или иного фактора на суммарный риск, а также на основе данных математических моделей, который выдают оценку риска на основе реальных медицинских данных пациентов, данные о которых хранятся в системе.

Блок состоит из двух модулей, которые выполняют оценку степени рисков заболеваний параллельно. Выполнение оценки степени рисков заболеваний параллельно повысит точность определения. Кроме того, в силу отсутствия для некоторых медицинских задач медицинских данных для обучения, к ним применяются методы экспертного анализа.

Модуль экспертного анализа - включает в себя экспертно-аналитические алгоритмы, работающие по решающим правилам, которые описаны во внутренних справочниках системы. Справочники решающих правил (база знаний) модуля сформированы на основе многократно апробированных и признанных научным сообществом медицинских методик, клинических шкал и рекомендаций для выявления рисков заболеваний и их осложнений.

Модуль машинного обучения - представляет собой встроенные в систему модели на основе нейронных сетей прямого распространения, реализованные с использованием методов машинного обучения. При добавлении новых данных, обученные модули дообучаются. Модели на основе нейронных сетей дают возможность повысить точность прогнозирования рисков заболеваний в сравнении с использованием традиционных клинических шкал.

На вход нейронной сети подаются вектор пациента, который рассчитывается на основе физиологических параметров пациента, анамнеза, истории болезней и их лечения (методов и хода лечения, прописанных препаратов и т.п.). Далее осуществляется работа нейросетевых блоков, и на выходе получают общую оценку степени риска для здоровья пациента, основанная на учете всех факторов риска.

В предлагаемом решении могут быть использованы различные типы классификаторов, например, шкала SCORE (Systematic Coronary Risk Evaluation), которая разработана для оценки риска заболеваний и служит для улучшения эффективности прогнозирования по сравнению с отдельными классификаторами, а также является более универсальным решением.

С использованием сформированного массива производится автоматическая разметка полученной последовательности медицинских фактов по каждому пациенту, используя извлеченные из электронной медицинской карты пациента диагнозы или другие интересующие факты, например, фактор риска гиперхолестеринемии, систолическое АД более 140 или диастолическое АД более 90 мм рт.ст. или код МКБ-10 "I10" - фактор риска "артериальная гипертензия", глюкоза крови более 11.1 или код МКБ-10 "E11" - фактор риска "сахарный диабет" и т.д.

Данные, полученные в ходе работы СППВР, помимо непосредственно оценки рисков могут использоваться при дообучении (калибровки) моделей под конкретный географический регион.

В случае, когда для расчета рисков по методике недостаточно данных, устанавливается статус "Недостаточно данных" со списком параметров, которые необходимы для оценки риска, при этом у врача остается возможность их ввести.

Кроме того, в случае недостающих признаков, предусмотрена возможность обработки входных данных без них, в этом случае используется модель, обученная на меньшем количестве, где эти признаки отсутствуют. Если, например, у пациента отсутствует информация: курит пациент или нет, то используется модель, обученная без использования данного признака.

В случае, когда методику невозможно использовать по ограничениям переданных параметров на анализ, то устанавливается статус "Не применимо".

По итогам работы блока "Оценка рисков" формируется пакет данных с оценками рисков, который далее направляется в блок "Интерпретация оценок рисков".

Блок "Интерпретация оценок рисков" выполняет анализ полученных оценок риска и устанавливает на их основе степень риска по нозологиям. Результирующая оценка риска по нозологии определяется как его максимальная оценка по всем примененным к данной нозологии методикам.

После того, как факторы риска и степень риска по каждой нозологии были определены, в модуле "Формирование рекомендаций" формируются индивидуальные клинические рекомендации, включая рекомендации о профилактике, принципах лечения и тактике ведения пациента. Рекомендации, используемые СППВР, взяты из утвержденных национальных рекомендаций и описаний применения шкал и хранятся во внутренних справочниках системы.

Закончив обработку информации по пациенту, СППВР в "Выходном блоке" формирует пакет с результатами работы и отправляет его назад в МИС через открытые API системы.

Получив от СППВР пакет с результатами работы, МИС выводит его на экран пользователя в интерфейсе МИС.

В частном варианте реализации предлагаемой системы, данные могут храниться в паспорте пациента электронной медицинской карты. Данные являются деперсонализированными. В паспорте пациента указан только возраст пациента, так как он существенно влияет на прогноз заболеваний.

Обмен данными в паспорт пациента осуществляется с внешними информационными системами, такими как, но не ограничиваясь, региональные - информационные системы, медицинские информационные системы, федеральный реестр электронных медицинских документов, федеральный справочник, мобильные приложения здоровья, носимые устройства здоровья и СППВР.

Подробно структура хранения данных, представленная как паспорт пациента, проиллюстрированная на фиг. 3.

Пользователь открывает паспорт пациента, в котором хранятся данные и может развернуть панели с данными, чтобы увидеть детальную информацию.

Организовано ведение региональной нормативно-справочной информации (НСИ), необходимой для функционирования сервиса.

В паспорте пациента в блоке "анамнеза и сигнальной информации" отображаются объективные, лабораторные и диагностические медицинские показатели пациента, документы медицинских осмотров, протоколы исследований, все имеющиеся диагнозы и подозрения на заболевания, а также реализована возможность взаимодействия с СППВР, в результате которого выводятся возможные риски пациента. Данной информации может быть большое количество, поэтому блок в свою очередь представляет собой следующие разделы:

Медицинские показатели.

Раздел содержит актуальные значения медицинских показателей:

Объективные данные (рост, вес, ИМТ, талия);

Информация о группе крови, фенотипе, ЧСС, АД;

Лабораторные данные;

Информация о вредных привычках/ условиях.

Под каждым показателем указывается дата, на которую он был установлен. В случае нескольких измерений отображается последнее значение показателя.

Лист окончательных диагнозов.

Блок "Лист окончательных диагнозов" включает в себя список документов с окончательными диагнозами, отсортированный по коду МКБ. Для просмотра подробной информации о документе необходимо нажать на его название.

Документы вне случая.

В блоке "Документы вне случая" доступен просмотр документов вне случая, для этого необходимо нажать на ссылку "Документы". После чего откроется страница со списком документов вне случая. Для просмотра подробной информации о документе необходимо нажать на его название.

Случаи.

В блоке "Случаи" доступен просмотр документов случая, для этого необходимо нажать на название документа. После нажатия открывается страница с информацией о случае, со списком диагнозов случая и списком документов случая. Для просмотра подробной информации о документе случая необходимо нажать на его название.

Подозрения.

В блоке "Подозрения" выводится список подозрений пациента с отображением кода МКБ, наименования подозрения, даты и времени выявления, а также ФИО врача, зарегистрировавшего подозрение и наименования МО. Для просмотра подробной информации о подозрении необходимо нажать на его название. После нажатия открывается страница с информацией о подозрении, на которой доступно указание следующих данных (звездочкой отмечены поля, обязательные к заполнению):

Статус подозрения:

Выявленное подозрение;

Диагноз не подтвержден;

Диагноз подтвержден.

Дата подтверждения/отклонения подозрения *;

Медицинская организация, ответственная за проверку подозрения (выбор из выпадающего списка);

Медработник, ответственный за проверку подозрения (выбор из выпадающего списка).

Маршрутные карты.

В блоке "Маршрутные карты" доступен просмотр маршрутных карт пациента, для этого необходимо нажать на ссылку "Показать все". После нажатия открывается страница со списком маршрутных карт. Для просмотра подробной информации о документе необходимо нажать на его код МКБ. После чего откроется содержимое маршрутной карты, которое включает в себя основную информацию и следующие вкладки:

Медицинские мероприятия для диагностики заболевания, состояния;

Медицинские услуги для лечения заболевания, состояния и контроля за лечением;

Перечень лекарственных препаратов для медицинского применения (средняя суточная и курсовая доза);

Медицинские изделия, имплантируемые в организм человека;

Кровь и ее компоненты;

Виды лечебного питания, включая специализированные продукты лечебного питания.

Основную информацию можно редактировать по кнопке "Изменить". По кнопке "Открыть стандарт" открывается страница с информацией о стандарте из справочника "Стандарты обследования и лечения".

Посмотреть историю изменений маршрутной карты можно по кнопке "История изменения маршрутной карты".

Группы риска.

В блоке "Группы риска" отображается выявленная группа риска пациента на основании сигнальной информации и дата выявления группы риска. В данном блоке реализована возможность перехода в систему поддержки принятия врачебных решений. Для просмотра подробной информации о выявленном риске необходимо нажать на название риска. После нажатия открывается страница с подробной информацией о выявленном риске, которая включает в себя следующую информацию:

Методики оценки;

Факторы риска;

Рекомендации врачу;

Рекомендации пациенту.

На фиг. 4 далее будет представлена общая схема вычислительного устройства (сервера) (400), обеспечивающего обработку данных, необходимую для реализации заявленного решения.

В общем случае устройство (400) содержит такие компоненты, как: один или более процессоров (401), по меньшей мере одну память (402), средство хранения данных (403), интерфейсы ввода/вывода (404), средство В/В (405), средства сетевого взаимодействия (406).

Процессор (401) устройства выполняет основные вычислительные операции, необходимые для функционирования устройства (400) или функциональности одного или более его компонентов. Процессор (401) исполняет необходимые машиночитаемые команды, содержащиеся в оперативной памяти (402).

Память (402), как правило, выполнена в виде ОЗУ и содержит необходимую программную логику, обеспечивающую требуемый функционал.

Средство хранения данных (403) может выполняться в виде HDD, SSD дисков, рейд массива, сете-

вого хранилища, флэш-памяти, оптических накопителей информации (CD, DVD, MD, Blue-Ray дисков) и т.п. Средство (403) позволяет выполнять долгосрочное хранение различного вида информации.

Интерфейсы (404) представляют собой стандартные средства для подключения и работы с серверной частью, например, USB, RS232, RJ45, LPT, COM, HDMI, PS/2, Lightning, FireWire и т.п.

Выбор интерфейсов (404) зависит от конкретного исполнения устройства (400), которое может представлять собой персональный компьютер, мейнфрейм, серверный кластер, тонкий клиент, смартфон, ноутбук и т.п.

В качестве средств В/В данных (405) могут использоваться: клавиатура джойстик, дисплей (сенсорный дисплей), проектор, тачпад, манипулятор мышь, трекбол, световое перо, динамики, микрофон и т.п.

Средства сетевого взаимодействия (406) выбираются из устройства, обеспечивающий сетевой прием и передачу данных, и могут представлять собой, например, Ethernet карту, WLAN/Wi-Fi модуль, Bluetooth модуль, BLE модуль, NFC модуль, IrDa, RFID модуль, GSM модем и т.п. С помощью средств (406) обеспечивается организация обмена данными по проводному или беспроводному каналу передачи данных, например, WAN, PAN, LBC (LAN), Интранет, Интернет, WLAN, WMAN или GSM.

Компоненты устройства (400) сопряжены посредством общей шины передачи данных (410).

В настоящих материалах заявки было представлено предпочтительное раскрытие осуществление заявленного технического решения, которое не должно использоваться как ограничивающее иные, частные воплощения его реализации, которые не выходят за рамки испрашиваемого объема правовой охраны и являются очевидными для специалистов в соответствующей области техники.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ работы системы поддержки принятия врачебных решений, с использованием математических моделей представления пациентов, выполняемый на сервере, включающий этапы, на которых:

получают деперсонифицированные медицинские данные из электронных медицинских карт, хранящихся в медицинской информационной системе;

извлекают из полученных текстовых медицинских данных клинически-значимую неразмеченную информацию;

осуществляют предварительную обработку и индексацию извлечённой информации, включающую в себя выявление и корректировку опечаток и ошибок, проверку информации на допустимые значения посредством использования алгоритмов извлечения признаков и медицинских онтологий;

производят анализ сформированного на предыдущем шаге массива структурированных данных, в результате которого выявляют факторы риска на основе решающих правил, сформированных с учетом научных медицинских публикаций и клинических рекомендаций;

производят автоматическую разметку полученных данных по каждому пациенту с учетом выявленных факторов риска;

на основании данных предыдущего шага формируют пакет данных, содержащий выявленные факторы риска и признаки, необходимые для оценки рисков и выявления подозрений на скрытые заболевания;

выполняют оценку степени рисков заболеваний посредством применения решающих правил и машинного обучения на основании выявленных факторов риска и признаков, необходимых для оценки рисков и выявленных подозрений на скрытые заболевания;

выполняют анализ полученной оценки степени рисков заболеваний, в результате которого устанавливают степень риска по нозологиям, где результирующую оценку риска по нозологии определяют, как максимальную оценку по всем примененным к данной нозологии методикам;

на основании полученных факторов риска и степени риска по каждой нозологии формируют пакет индивидуальных клинических рекомендаций;

отправляют сформированный пакет рекомендаций обратно в медицинскую информационную систему, где выводят его на экран в пользовательском интерфейсе.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что электронная медицинская карта пациента включает, по меньшей мере, следующие данные: состояние пациента, методы лечения пациента, средства, используемые при лечении пациента, результаты анализов и исследований, данные с датчиков систем мониторинга здоровья пациентов.

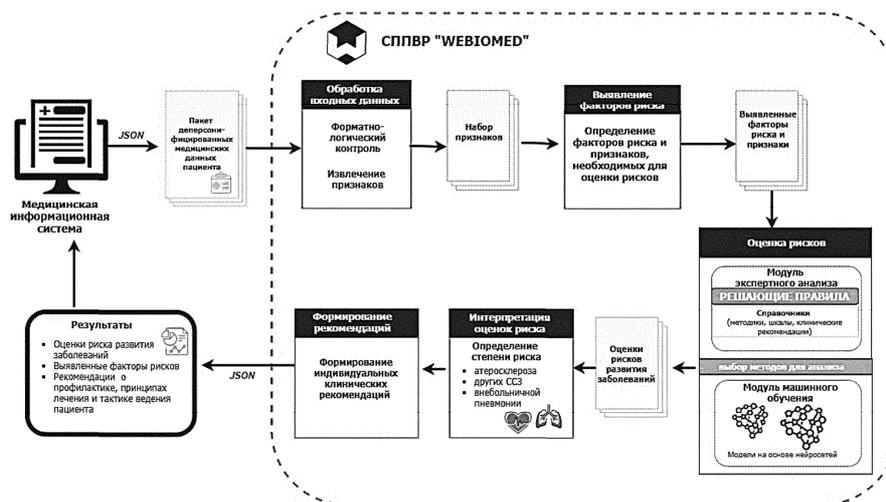
3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что способ формирования методов оценки степени рисков представляет собой экспертную систему.

4. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что способ формирования методов оценки степени рисков представляет собой алгоритм на основе машинного обучения.

5. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что алгоритм извлечения признаков представляет собой алгоритм на основе методов Natural Language Processing (NLP).

6. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что данные, полученные в ходе работы системы поддержки принятия врачебных решений, используют для дообучения моделей под конкретный географический регион.

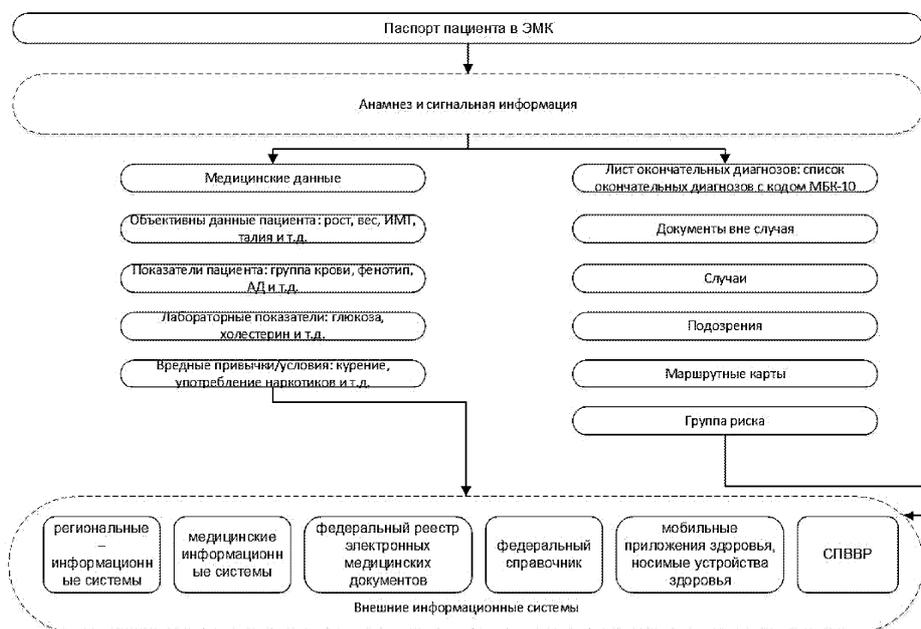
7. Система поддержки принятия врачебных решений с использованием моделей представления пациентов включает по меньшей мере один пользовательский клиент и по крайней мере один сервер, соединенные с помощью клиент-серверной архитектуры, сервер выполнен с возможностью осуществления способа работы системы поддержки принятия врачебных решений по п. 1.



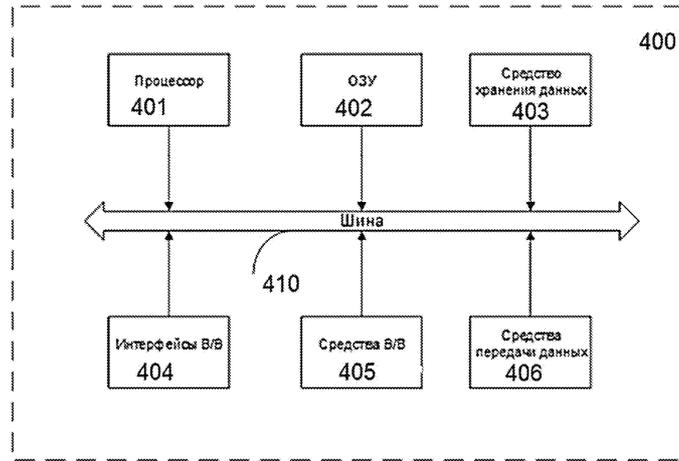
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4