

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202293545** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2023.08.16

(51) Int. Cl. **G16H 50/20** (2018.01)
G06N 3/04 (2023.01)
G06V 10/22 (2022.01)

(22) Дата подачи заявки
2022.12.29

(54) **СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА**

(31) **2022134598**

(72) Изобретатель:

(32) **2022.12.27**

Абрахам Падат Аджит (AU), Кулеев

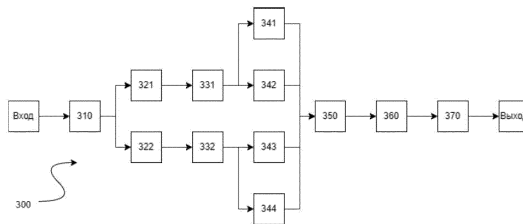
(33) **RU**

Рамиль Фуатович (RU)

(71) Заявитель:

**АВТОНОМНАЯ
НЕКОММЕРЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "УНИВЕРСИТЕТ
ИННОПОЛИС" (RU)**

(57) Изобретение относится к области обработки изображений и, более конкретно, к поддержке принятия врачебных решений на основе анализа медицинских изображений. Техническим результатом является повышение точности диагностики и повышение автоматизации обработки. Способ диагностики болезни Альцгеймера содержит этапы, на которых получают трехмерное МРТ или КТ изображение головного мозга; разделяют полученное трехмерное изображение на множество двумерных изображений в сагиттальной проекции, выбирают из множества двумерных изображений изображение, содержащее область гиппокампа, выполняют сегментацию выбранного изображения и получают на основе выполненной сегментации изображение, содержащее только головной мозг; выполняют классификацию изображения, полученного на основе сегментации, с помощью нейронной сети, и если изображение отнесено к классу пациент с легким когнитивным нарушением или пациент с болезнью Альцгеймера, формируют отчет, содержащий классифицированное изображение и указание класса.



A1

202293545

202293545

A1

Способ диагностики болезни Альцгеймера

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к области обработки изображений, и, более конкретно, к поддержке принятия врачебных решений на основе анализа медицинских изображений.

Уровень техники

Болезнь Альцгеймера (БА) – это психологическое расстройство у пожилых людей, которое вызывает тяжелые интеллектуальные нарушения.

Традиционные методы диагностики БА требуют применения различных подходов. В большинстве традиционных методов (в основном с привлечением специалистов, таких как неврологи, нейропсихологи и т.д.) проводят различные тесты, такие как: изучение истории болезни пациента, физикальное обследование и диагностические тесты, неврологическое обследование, оценка настроения и т.д. Для выполнения всех этих операций требуются опытные и квалифицированные специалисты, много времени и различные инструменты, и даже несмотря на это, затруднительно выявить предпосылки БА на ранней стадии. Соответственно, число людей, имеющих возможность получить своевременную медицинскую помощь, которая могла бы повысить качество и, вероятно, продолжительность жизни, относительно невелико.

Мозг является основной областью поражения при БА, поэтому исследователи пытаются разработать точную методологию для выявления БА с использованием изображений мозга. Магнитно-резонансная томография (МРТ) - хорошо известный инструмент для определения подробной информации о мозге в тканях. МРТ успешно используется в диагностике различных заболеваний, таких как рак, опухоли и т.д.

Корректная обработка медицинских диагностических изображений

головного мозга может обеспечить различия в тканях мозга для эффективной диагностики заболевания, однако из-за сложных структур существуют проблемы дифференциации тканей мозга и выявления болезни Альцгеймера с помощью известных классификаторов.

Известные современные подходы с автоматическим анализом изображений (например, EP4002201) по-прежнему не предлагают инструмента анализа медицинских изображений головного мозга для достаточно быстрой и точной диагностики болезни Альцгеймера, которую можно было бы успешно использовать в клинической практике.

Сущность изобретения

С целью устранения недостатков предшествующего уровня техники, настоящее изобретение направлено на повышение эффективности систем и способов диагностики болезни Альцгеймера.

В частности, предложен способ диагностики болезни Альцгеймера, содержащий этапы, на которых:

- с использованием блока получения изображения получают трехмерное МРТ или КТ изображение головного мозга;

- с использованием блока предварительной обработки, содержащего по меньшей мере один процессор и память, разделяют полученное трехмерное изображение на множество двумерных изображений в сагиттальной проекции, выбирают из множества двумерных изображений изображение, содержащее область гиппокампа, выполняют сегментацию выбранного изображения и получают на основе выполненной сегментации изображение, содержащее только головной мозг;

- с использованием блока диагностики, содержащего по меньшей мере один процессор и память, выполняют классификацию изображения, полученного на основе сегментации, с помощью нейронной сети путем отнесения его к одному из следующих классов: когнитивно нормальный пациент, пациент с легким когнитивным нарушением или пациент с болезнью Альцгеймера, и если изображение отнесено к классу пациент с

легким когнитивным нарушением или пациент с болезнью Альцгеймера, формируют отчет, содержащий классифицированное изображение и указание класса,

при этом нейронная сеть содержит слой свертки по глубине, выходные данные из которого подаются на первую ветвь и вторую ветвь, при этом первая ветвь содержит слой подвыборки по максимальному значению и следующий за ним слой свертки по глубине, выходные данные из которого подаются на третью ветвь и четвертую ветвь, при этом третья ветвь содержит слой подвыборки по максимальному значению, а четвертая ветвь содержит слой подвыборки по минимальному значению, при этом вторая ветвь содержит слой подвыборки по минимальному значению и следующий за ним слой свертки по глубине, выходные данные из которого подаются на пятую ветвь и шестую ветвь, при этом пятая ветвь содержит слой подвыборки по максимальному значению, а шестая ветвь содержит слой подвыборки по минимальному значению, далее нейронная сеть содержит слой объединения, на котором выполняется операция конкатенации данных от третьей, четвертой, пятой и шестой ветвей, и следующие за ним два последовательных полносвязных слоя; и

с использованием блока передачи отчета передают отчет на устройство, запрашивавшее диагностику.

В одном из вариантов осуществления выбирают из множества двумерных изображений изображение, содержащее область гиппокампа, согласно предварительно заданному диапазону, в котором она должна находиться.

В одном из вариантов осуществления выбор изображения, содержащего область гиппокампа, содержит этапы, на которых:

выбирают из множества двумерных изображений набор изображений, входящих в предварительно заданный диапазон, в котором должна находиться область гиппокампа;

выполняют попытку распознавания гиппокампа в каждом из набора

изображений;

выбирают изображение среди изображений, на которых гиппокамп успешно распознан.

В одном из вариантов осуществления среди изображений, на которых гиппокамп успешно распознан, выбирают изображение, на котором гиппокамп имеет наибольший размер.

В одном из вариантов осуществления среди изображений, на которых гиппокамп успешно распознан, выбирают два или более не являющихся смежными изображениями,

при этом дальнейшую обработку выполняют для каждого из выбранных изображений.

В одном из вариантов осуществления, если по меньшей мере одно изображение отнесено к классу пациент с легким когнитивным нарушением или пациент с болезнью Альцгеймера, формируют отчет, содержащий упомянутое по меньшей мере одно изображение и соответствующее указание класса.

В одном из вариантов осуществления, если два или более изображений отнесены к классу пациент с легким когнитивным нарушением или пациент с болезнью Альцгеймера:

- выбирают изображения, отнесенные к классу пациент с болезнью Альцгеймера, и среди них выбирают изображение, имеющее наибольшую вероятность болезни Альцгеймера, или

- если нет изображений, отнесенных к классу пациент с болезнью Альцгеймера, выбирают изображение, имеющее наибольшую вероятность легкого когнитивного нарушения;

при этом формируют отчет, содержащий выбранное изображение и соответствующее указание класса.

Технический результат

Настоящее изобретение позволяет повысить эффективность систем и способов диагностики болезни Альцгеймера. При этом обеспечивается:

- повышение точности диагностики;
- повышение скорости обработки;
- упрощение интерпретации и описания изображений;
- возможность выявления болезни Альцгеймера на ранних стадиях;
- возможность автоматической диагностики болезни Альцгеймера, в том числе по снимкам, сделанным не с целью диагностики болезни Альцгеймера;
- освобождение медицинского персонала от рутинных процессов анализа снимков пациентов, не имеющих выраженных симптомов болезни Альцгеймера;
- уменьшение влияния человеческого фактора (внимательность, утомляемость, ответственность).

Эти и другие преимущества настоящего изобретения станут понятны при прочтении нижеследующего подробного описания со ссылкой на сопроводительные чертежи.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1А-1С - примеры магнитно-резонансных изображений головного мозга.

Фиг. 2 - пример операции конкатенации.

Фиг. 3 – архитектура нейронной сети.

Следует понимать, что фигуры могут быть представлены схематично и не в масштабе и предназначены, главным образом, для улучшения понимания настоящего изобретения.

Подробное описание

Классификация БА с использованием изображений мозга требует меньше времени и меньшего количества инструментов, чем традиционные методы диагностики БА. Более того, точная обработка изображений мозга может дать важные биомаркеры задолго до того, как у человека разовьется БА. Таким образом, классификация БА с использованием изображений мозга является одним из первых этапов для исследования. Однако из-за сложной

структуры тканей мозга и пиксельной информации задача классификации БА путем определения различий между тканями с помощью традиционных классификаторов является сложной.

На данный момент разработано множество классификаторов для различных прикладных задач машинного обучения, в том числе для анализа медицинских изображений. Среди них высокие результаты демонстрируют глубокие нейронные сети и, в частности, сверточные нейронные сети. Соответственно, в настоящем изобретении предлагается использовать для классификации сверточную нейронную сеть.

Для моделей глубокого обучения, выполняющих анализ непосредственно трехмерных изображений, требуется огромное количество слоев, что увеличивает вычислительную нагрузку. Соответственно, в настоящем изобретении предлагается преобразовывать трехмерные изображения мозга в группу двумерных срезов и выполнять анализ двумерных изображений.

Также предлагается принимать во внимание следующие факторы. При БА сильно поражаются серые ткани мозга, контролирующие интеллектуальные и поведенческие функции, такие как гиппокамп, миндалина и т.д. Вначале поражаются клетки памяти в мозге, а на более поздних стадиях разрушаются другие клетки серого вещества, что делает пациента неспособным выполнять простейшие задачи. В результате пациенты с БА испытывают серьезные поведенческие и интеллектуальные нарушения наряду с потерей памяти. Большинство пациентов, у которых развивается БА, уже прошли через промежуточную стадию деменции, называемую легким когнитивным нарушением (ЛКН). Поскольку последствия ЛКН не так серьезны, как БА, важно успеть диагностировать его, и надлежащая неврологическая помощь может предотвратить развитие БА у пациента с ЛКН.

На Фиг. 1А-1С показаны образцы изображений мозга когнитивно нормального (КН) пациента и пациентов с ЛКН и БА. На Фиг. 1А-1С видно,

что общий размер серого вещества мозга быстро меняется от КН к ЛКН и БА. Аналогичным образом, гиппокамп также меньше по размеру у пациентов с БА и ЛКН по сравнению с пациентами с КН. Известно, что на различных стадиях деменции гиппокамп в мозге является наиболее сильно пораженной областью. У пациентов с ЛКН/БА наблюдается регулярный упадок гиппокампа.

Используя надлежащую обработку изображений, можно определить различия в тканях мозга у пациентов с БА, ЛКН и когнитивно нормальных пациентов (КН). Соответственно, важными особенностями настоящего изобретения является классификация изображения головного мозга для отнесения пациента к одному из классов КН, ЛКН и БА, а также анализ изображений, содержащих именно область гиппокампа.

Система диагностики

Система диагностики болезни Альцгеймера согласно настоящему изобретению содержит блок получения изображения, блок предварительной обработки, блок диагностики и блок передачи отчета. Блок получения изображения в одном варианте осуществления может представлять собой сетевую плату или иное средство приема данных. В другом варианте осуществления блок получения изображения может представлять собой непосредственно МРТ-сканер или компьютерный томограф. Блок предварительной обработки и блок диагностики реализуются на базе устройства обработки, содержащего вычислительный модуль (например, центральный процессор), модуль памяти (например, оперативную память и постоянную память), а также при необходимости дополнительный вычислительный модуль (например, графический процессор или нейронный процессор). Таким образом, блок предварительной обработки и блок диагностики могут быть реализованы на базе компьютера или сервера. Блок передачи отчета может представлять собой сетевую плату, аппаратный интерфейс передачи данных/видеосигнала или иное средство обмена данными.

Способ диагностики

Далее будет описан способ диагностики болезни Альцгеймера согласно настоящему изобретению. Способ, в частности, выполняется системой диагностики болезни Альцгеймера и содержит следующие этапы.

Сначала с использованием блока получения изображения получают трехмерное МРТ или КТ изображение головного мозга. Как указывалось выше, в одном варианте осуществления, если блок получения изображения является МРТ или КТ-сканером, он может получать изображение самостоятельно в процессе МРТ или КТ-сканирования. В другом варианте осуществления блок получения изображения, будучи частью сервиса диагностики патологий, может получать извне (например, от медицинской организации, от врача, от региональной системы хранения медицинских данных и т.д.) запрос на диагностику или входные данные, содержащие одно или множество (например, пакет) изображений, и извлекать требуемое изображение из полученных входных данных или запроса.

Исходное МРТ-изображение мозга содержит части, не относящиеся к мозгу, такие как череп. Чтобы избежать ошибок анализа, вызванных вкладом посторонних частей изображения (например, признаками черепа), а также снизить сложность анализа, может выполняться сегментация изображения с последующим формированием из полученных сегментов нового изображения, которое содержит только мозг. В качестве примера могут использоваться такие методы сегментации изображений, как метод пороговой обработки на основе гистограммы, метод k-средних, метод нечеткой кластеризации C-средних и т.д.

В частности, с использованием блока предварительной обработки разделяют полученное трехмерное изображение на множество двумерных изображений (срезов, поперечных сечений) в сагиттальной проекции, выбирают из множества двумерных изображений изображение, содержащее область гиппокампа, выполняют сегментацию выбранного изображения и получают на основе выполненной сегментации изображение, содержащее

только головной мозг. Предварительная обработка может выполняться автоматически, без участия человека.

При необходимости предварительная обработка может включать дополнительные операции, чтобы изображение было пригодно для обработки блоком диагностики. Например, если полученное в результате сегментации изображение имеет неподходящее разрешение, то может выполняться преобразование или реконструкция изображения до требуемого разрешения. Также могут корректироваться яркость, контрастность и иные параметры изображения.

Выходные данные от блока предварительной обработки передаются на блок диагностики, который на их основании автоматически выполняет классификацию изображения, полученного на основе сегментации, с помощью нейронной сети путем отнесения его к одному из следующих классов: когнитивно нормальный (КН) пациент, пациент с легким когнитивным нарушением (ЛКН) или пациент с болезнью Альцгеймера (БА), и если изображение отнесено к классу пациент с легким когнитивным нарушением или пациент с болезнью Альцгеймера, формирует отчет, содержащий классифицированное изображение и указание класса.

Далее отчет выводится на экран монитора, подключенного к серверу, или на экран самого МРТ-сканера или компьютерного томографа, или же передается с помощью блока передачи отчета на устройство, запрашивавшее диагностику – например, на расположенное удаленно автоматизированное рабочее место (АРМ) врача. Для упрощения описания в данном документе все эти случаи рассматриваются как передача на устройство, запрашивавшее диагностику.

Имея изображение и указание патологии, содержащиеся в отчете, врач принимает решение о состоянии здоровья пациента (о наличии/отсутствии патологии) и при необходимости принимает решение о лечении пациента.

В одном варианте осуществления отчет может формироваться для каждого изображения. В другом варианте осуществления запрос на

диагностику или настройки системы диагностики могут предусматривать необходимость формирования отчета только для случаев, в которых выявлена патология. Например, если в полученном пакете из 10 изображений блок диагностики выявил один случай ЛКН и ни одного случая БА, он может формировать отчет для соответствующего изображения (или пациента) с ЛКН, содержащий указание на вероятность ЛКН у данного пациента, а для остальных изображений (или пациентов) либо совсем не формировать отчет, либо формировать отчет, указывающий, что патологии на соответствующих изображениях не выявлены. Отчет также содержит изображение, для которого была выполнена классификация. В одном варианте это должно быть то двумерное изображение, которое было получено в результате сегментации, поскольку оно уже очищено от посторонних областей, но не было подвергнуто изменению разрешения и иным коррекциям, которые могли бы внести в него искажения. В другом варианте это может быть, например, исходное трехмерное изображение, в котором конкретный срез, где блок диагностики выявил патологию, имеет особую пометку цветом, отличающую его от других срезов. Соответственно, врач получает возможность быстрого изучения требуемого изображения.

Архитектура нейронной сети

В сверточных нейронных сетях стала уже классической схема, когда за слоем свертки следует слой подвыборки (пулинга).

Сверточный слой с помощью набора карт признаков/ядер извлекает важную информацию о признаках, таких как края, углы и т.д. Операцией свертки считается операция наложения и сдвига ядра (квадратной матрицы или набора квадратных матриц) вдоль всех пикселей изображения.

Слой подвыборки используется для уменьшения размерности матриц. С помощью операции подвыборки отбрасывается наименее важная информация. В стандартной модели сверточной нейронной сети используется операция подвыборки по максимальному значению, в которой изображение делится на части в соответствии с ядром и из каждой части

выбирается только максимальный элемент, после чего изображение, содержащее только максимальные элементы, передаются в следующий слой. Слой подвыборки по максимальному значению хорошо работает в традиционных классификациях изображений, где пиксели с более высоким значением интенсивности играют наиболее важную роль. Но в таких изображениях, как МРТ головного мозга, основным недостатком использования операции подвыборки по максимальному значению является то, что она игнорирует элементы с минимальными значениями, которые тоже могут содержать важную информацию. В качестве альтернативы в некоторых моделях используется слой подвыборки по среднему значению, который берет среднее значение элементов. Основной недостаток слоя подвыборки по среднему значению заключается в том, что когда он берет среднее значение среди элементов с очень высокими и очень низкими значениями, на выходе не получается ни элемента с высокими значениями, ни элемента с низкими значениями. Более того, если в изображении будет много элементов с нулевым значением, выходное значение операции будет значительно уменьшено.

Чтобы преодолеть ограничения слоев подвыборки по максимальному значению и подвыборки по среднему значению, в настоящем изобретении предлагается новый подход с использованием как результатов подвыборки по максимальному значению, так и результатов подвыборки по минимальному значению. Операция подвыборки по минимальному значению выбирает только пиксели с минимальным значением в ядре. Это помогает модели выбирать лучшие функции из изображений мозга при классификации БА.

Далее выполняется операция конкатенации, которая состоит в объединении выходных данных слоев подвыборки. Визуальное представление примера конкатенации показано на Фиг. 2. Из Фиг. 2 видно, что конкатенация слоев подвыборки дает на выходе как самые высокие, так и самые низкие значения из карт признаков.

Конкатенация слоев подвыборки по максимальному значению и подвыборки по минимальному значению делает модель медленнее в исполнении. Чтобы преодолеть эту проблему, в настоящем изобретении предлагается использовать слои свертки по глубине вместо оригинальных сверточных слоев. Свертка по глубине позволяет улучшить время выполнения и эффективность представления. Свертка по глубине использует различные ядра для каждого из входных каналов в изображениях. В конечном итоге все выходы из разных каналов объединяются вместе с помощью операции поточечной свертки 1×1 . Вычислительные затраты на свертку по глубине значительно ниже, чем на обычную свертку.

Для повышения качества классификации комбинация слоя свертки по глубине и слоев подвыборки по максимальному значению и подвыборки по минимальному значению используется несколько раз.

В конце подобно классическим схемам сверточных нейронных сетей, показавших высокую эффективность, предлагается использовать полносвязные слои.

Предложенная в настоящем изобретении архитектура нейронной сети показана на Фиг. 3. А именно, нейронная сеть 300 содержит слой 310 свертки по глубине, выходные данные из которого подаются на первую ветвь и вторую ветвь, при этом первая ветвь содержит слой 321 подвыборки по максимальному значению и следующий за ним слой 331 свертки по глубине, выходные данные из которого подаются на третью ветвь и четвертую ветвь, при этом третья ветвь содержит слой 341 подвыборки по максимальному значению, а четвертая ветвь содержит слой 342 подвыборки по минимальному значению, при этом вторая ветвь содержит слой 322 подвыборки по минимальному значению и следующий за ним слой 332 свертки по глубине, выходные данные из которого подаются на пятую ветвь и шестую ветвь, при этом пятая ветвь содержит слой 343 подвыборки по максимальному значению, а шестая ветвь содержит слой 344 подвыборки по минимальному значению, далее нейронная сеть содержит слой 350

объединения, на котором выполняется операция конкатенации данных от третьей, четвертой, пятой и шестой ветвей, и следующие за ним два последовательных полносвязных слоя 360 и 370.

Выходные данные слоев проходят через функцию активации. Некоторые из часто используемых примеров функций активации включают ReLu, softmax, гиперболический тангенс, сигмоида и др.

Для обучения модели может применяться функция энергии на основе softmax, а функция потерь может определяться на основе перекрестной энтропии.

Таким образом, за счет исследования именно области гиппокампа, классификации изображения на пациентов КН, ЛКН и БА, а также вышеописанной архитектуры нейронной сети обеспечивается повышенная точность и скорость диагностики болезни Альцгеймера, возможность выявления болезни Альцгеймера на ранних стадиях, возможность автоматической диагностики болезни Альцгеймера, в том числе по снимкам, сделанным не с целью диагностики болезни Альцгеймера, упрощение для врача интерпретации и описания изображений, освобождение медицинского персонала от рутинных процессов анализа снимков пациентов, не имеющих выраженных симптомов болезни Альцгеймера, уменьшение влияния человеческого фактора для врачей-диагностов (внимательность, утомляемость, ответственность), доступ пациентов к высококачественной диагностике даже при отсутствии квалифицированного медицинского специалиста.

Варианты

Изображение, содержащее область гиппокампа, может выбираться из множества двумерных изображений согласно предварительно заданному диапазону, в котором она должна находиться. Например, может быть предварительно задано, что гиппокамп должен находиться на расстоянии 20% от центральной оси мозга в направлении висков. Соответственно, обеспечивается быстрый автоматический выбор изображения, с большой

вероятностью содержащего область гиппокампа.

В другом варианте выбирают из множества двумерных изображений набор изображений, входящих в предварительно заданный диапазон, в котором должна находиться область гиппокампа, выполняют попытку распознавания гиппокампа в каждом из набора изображений и выбирают изображение среди изображений, на которых гиппокамп успешно распознан. Например, может быть предварительно задано, что гиппокамп должен находиться на расстоянии 10-30% от центральной оси мозга в направлении висков. На всех срезах в этом диапазоне выполняют поиск гиппокампа и затем выбор конкретного изображения, которое будет анализироваться блоком диагностики, осуществляют из тех изображений, на которых гиппокамп найден. Это позволяет повысить точность автоматического выбора изображения, содержащего область гиппокампа. Поиск может выполняться известными методами, такими как метод на основе гистограмм и т.д.

В другом варианте среди изображений, на которых гиппокамп успешно распознан, выбирают изображение, на котором гиппокамп имеет наибольший размер. Для этого поиск может выполняться путем сегментации, а затем может вычисляться площадь сегмента, определенного как гиппокамп, и могут сравниваться площади найденного гиппокампа на разных изображениях. Это может повысить точность диагностики.

Еще в одном варианте среди изображений, на которых гиппокамп успешно распознан, выбирают два или более не являющихся смежными изображениями, и дальнейшую обработку выполняют для каждого из выбранных изображений. Анализ нескольких изображений для одного и того же пациента позволяет повысить вероятность выявления признаков патологий, связанных с болезнью Альцгеймера.

Еще в одном варианте, если в результате диагностики несколько изображений для одного и того же пациента отнесены к классу ЛКН или БА, то если среди них есть изображения с классом БА, то среди них выбирают

изображение с наибольшей вероятностью болезни Альцгеймера, и именно его вносят в отчет, а если найдены только изображения с классом ЛКН, то среди них выбирают изображение с наибольшей вероятностью легкого когнитивного нарушения, и именно его вносят в отчет. Это позволяет представить врачу сразу наиболее релевантное изображение, на котором ему легче всего будет идентифицировать признаки заболевания.

Пример осуществления

Предложенная система была проверена на базе данных более 200 пациентов, содержащей T1-взвешенные магнитно-резонансные изображения с быстрым градиентным эхо. Использовано более 2000 изображений, содержащих головной мозг. Применены методы аугментации для увеличения числа изображений более чем в 5 раз. Большая часть пациентов в базе данных имеет возраст более 60 лет, количество мужчин и женщин в выборке приблизительно равное, при этом представлены пациенты всех трех групп – когнитивно нормальные, с легким когнитивным нарушением и с болезнью Альцгеймера. Все исходные изображения были преобразованы в изображения размером $256 \times 256 \times 1$. Нейронная сеть и большая часть остальных блоков реализована на базе python. Для обучения и тестирования использовался компьютер на базе процессора Intel(R) i7 с операционной системой Windows(R), графическим процессором 4 ГБ, оперативной памятью 16 ГБ, SSD-памятью 500 ГБ. Применены следующие параметры обучения: 50 эпох, размер батча 32, функция энергии на основе softmax, функция потерь на основе перекрестной энтропии. Использован вариант осуществления с выбором и анализом одного двумерного изображения, сегментация мозга выполнялась методом пороговой обработки на основе гистограммы. Средняя точность системы составила более 96%. Полученные результаты были сопоставлены с другими системами и было выявлено, что предложенная система может успешно определять связанные с болезнью Альцгеймера аномалии головного мозга, демонстрируя повышенную точность и скорость диагностики.

Применение

Системы и способы согласно настоящему изобретению можно использовать для обработки диагностических медицинских изображений, содержащих головной мозг, с целью выявления в них признаков легких когнитивных нарушений или болезни Альцгеймера.

Дополнительные особенности реализации

Несмотря на то, что в данном документе может быть указано, что данные передаются/отправляются или принимаются/получаются человеком (например, медицинским специалистом, врачом, экспертом), специалист в данной области техники должен понимать, что такое указание используется исключительно в целях упрощения описания, тогда как на самом деле подразумевается, что данные передаются/отправляются или принимаются/получаются соответствующим устройством, которым пользуется и/или управляет этот человек.

Один или более описанных в настоящем документе блоков или устройств передачи (передатчиков) и один или более блоков или устройств приема (приемников) физически могут быть реализованы в одном и том же блоке или устройстве приемопередачи или в разных блоках или устройствах.

Устройством или блоком передачи в данном документе для упрощения описания может называться устройство или блок, имеющий функции не только передачи, но и приема данных, информации и/или сигналов. Аналогичным образом, устройство или блок приема может также заключать в себе функции передачи данных, информации и/или сигналов.

Различные иллюстративные блоки и модули, описанные в связи с раскрытием сущности в данном документе, могут реализовываться или выполняться с помощью процессора общего назначения, процессора цифровых сигналов (DSP), специализированной интегральной схемы (ASIC), программируемой пользователем вентильной матрицы (FPGA) или другого программируемого логического устройства (PLD), дискретного логического элемента или транзисторной логики, дискретных аппаратных компонентов

либо любой комбинации вышеозначенного, предназначенной для того, чтобы выполнять описанные в данном документе функции. Процессор общего назначения может представлять собой микропроцессор, но в альтернативном варианте, процессор может представлять собой любой традиционный процессор, контроллер, микроконтроллер или конечный автомат. Процессор также может реализовываться как комбинация вычислительных устройств (к примеру, комбинация DSP и микропроцессора, несколько микропроцессоров, один или более микропроцессоров вместе с DSP-ядром либо любая другая подобная конфигурация).

Некоторые блоки по отдельности или вместе могут представлять собой, например, компьютер, и включать в себя процессор, который сконфигурирован для вызова и выполнения компьютерных программ из памяти для выполнения этапов способа или функций блоков в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения. Согласно вариантам осуществления, устройство может дополнительно включать в себя память. Процессор может вызывать и выполнять компьютерные программы из памяти для выполнения способа. Память может быть отдельным устройством, независимым от процессора, или может быть интегрирована в процессор. Память может хранить код, инструкции, команды и/или данные для исполнения на наборе из одного или более процессоров описанного устройства. Коды, инструкции, команды могут предписывать процессору выполнять этапы способа или функции устройства.

Функции, описанные в данном документе, могут реализовываться в аппаратном обеспечении, программном обеспечении, выполняемом посредством одного или более процессоров, микропрограммном обеспечении или в любой комбинации вышеозначенного. Аппаратные и программные средства, реализующие функции, также могут физически находиться в различных позициях, в том числе согласно такому распределению, что части функций реализуются в различных физических местоположениях, то есть может выполняться распределенная обработка или распределенные

вычисления.

При необходимости (например, в случае если велик объем данных и/или вычислений, которые необходимо выполнить в отношении этих данных), может производиться многопоточная обработка данных, которая в простом представлении может выражаться в том, что все множество подлежащих обработке данных разделяется на набор подмножеств, и каждое ядро процессора выполняет обработку в отношении назначенного для него подмножества данных.

Вышеупомянутая память может быть энергозависимой или энергонезависимой памятью или может включать в себя как энергозависимую, так и энергонезависимую память. Специалисту в области техники должно быть также понятно, что, когда речь идет о памяти и о хранении данных, программ, кодов, инструкций, команд и т.п., подразумевается наличие машиночитаемого (или компьютерно-читаемого, процессорно-читаемого) запоминающего носителя. Машиночитаемые носители данных включают в себя как некрatkвременные компьютерные носители хранения данных, так и среду связи, включающую в себя любую передающую среду, которая упрощает перемещение компьютерной программы или ее части из одного места в другое. Некратковременный машиночитаемый запоминающий носитель может представлять собой любой доступный носитель, который может использоваться для того, чтобы переносить или сохранять требуемое средство программного кода в форме инструкций или структур данных, и к которому можно осуществлять доступ посредством компьютера, процессора или иного устройства обработки общего назначения или специального назначения.

В качестве примера, а не ограничения, машиночитаемые носители могут содержать постоянное запоминающее устройство (ROM), программируемое постоянное запоминающее устройство (PROM), стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство (EPROM), электронно-стираемое программируемое постоянное запоминающее

устройство (EEPROM), флэш-память, оперативную память (RAM), статическую память с произвольным доступом (SRAM), динамическую память с произвольным доступом (DRAM), синхронную динамическую память с произвольным доступом (SDRAM), синхронную динамическую память с произвольной выборкой с двойной скоростью передачи данных (DDR SDRAM), синхронную динамическую память с произвольной выборкой с повышенной скоростью (ESDRAM), DRAM с синхронной линией связи (SLDRAM) и оперативную память с шиной прямого доступа (DRAM), регистр, кэш-память, полупроводниковые запоминающие устройства, магнитные носители, такие как внутренние жесткие диски и съемные диски, магнитооптические носители и оптические носители, такие как диски CD-ROM и цифровые универсальные диски (DVD), а также любые другие известные в уровне техники носители данных.

Информация и сигналы, описанные в данном документе, могут представляться с помощью любой из множества различных технологий. Например, данные, инструкции, команды, информация, сигналы, биты, символы и элементарные сигналы, которые могут приводиться в качестве примера в вышеприведенном описании, могут представляться посредством напряжений, токов, электромагнитных волн, магнитных полей или частиц, оптических полей или частиц либо любой комбинации вышеозначенного, если это применимо к настоящему изобретению.

По меньшей мере один из этапов в способе или блоках в устройстве может использовать модель искусственного интеллекта (AI) для выполнения соответствующих операций. Функция, связанная с AI, может выполняться через процессор и энергонезависимую и/или энергозависимую память.

Процессор может включать в себя один или более процессоров. В то же время, один или более процессоров могут быть процессором общего назначения, например центральным процессором (CPU), прикладным процессором (AP) и т.п., блоком обработки только графики, таким как графический процессор (GPU), визуальный процессор (VPU), и/или

специализированным процессором AI, таким как нейронный процессор (NPU).

Один или более процессоров управляют обработкой входных данных в соответствии с предварительно определенным правилом работы или моделью искусственного интеллекта (AI), хранящейся в энергонезависимой памяти и/или энергозависимой памяти. Предварительно определенное правило работы или модель искусственного интеллекта могут быть получены путем обучения. При этом процессор может выполнять операцию предварительной обработки данных для преобразования в форму, подходящую для использования в качестве входных данных для модели искусственного интеллекта.

«Получены путем обучения» означает, что посредством применения алгоритма обучения к обучаемой модели искусственного интеллекта с использованием множества обучающих данных создается предварительно определенное правило работы или модель AI с желаемой характеристикой. Обучение может выполняться на самом устройстве, в котором выполняется AI согласно варианту осуществления, и/или может быть реализовано через отдельный сервер/систему.

Модель искусственного интеллекта может включать в себя множество слоев нейронной сети. Каждый из множества слоев нейронной сети включает в себя множество весовых значений (коэффициентов) и выполняет рабочую операцию для данного слоя путем вычисления с применением множества весовых значений данного слоя в отношении входных данных или результата вычисления предыдущего слоя.

Алгоритм обучения - это метод обучения предварительно определенного целевого устройства (например, нейронной сети на базе GPU или NPU) с использованием множества обучающих данных, чтобы вызывать, разрешать или управлять целевым устройством для выполнения определения или прогнозирования. Примеры алгоритмов обучения включают, но не ограничиваются ими, обучение с учителем, обучение без учителя, обучение с

частичным привлечением учителя или обучение с подкреплением.

Следует понимать, что хотя в настоящем документе для описания различных блоков, модулей, сетей, элементов, компонентов, областей, слоев и/или секций, могут использоваться такие термины, как "первый", "второй", "третий" и т.п., эти блоки, модули, сети, элементы, компоненты, области, слои и/или секции не должны ограничиваться этими терминами. Эти термины используются только для того, чтобы отличить один блок, модуль, сеть, элемент, компонент, область, слой или секцию от другого блока, модуля, сети, элемента, компонента, области, слоя или секции. Так, первый блок, модуль, сеть, элемент, компонент, область, слой или секция может быть назван вторым блоком, модулем, сетью, элементом, компонентом, областью, слоем или секцией без выхода за рамки объема настоящего изобретения. В настоящем описании термин "и/или" включает любые и все комбинации из одной или более из соответствующих перечисленных позиций. Элементы, упомянутые в единственном числе, не исключают множественности элементов, если отдельно не указано иное.

Функциональность элемента, указанного в описании или формуле изобретения как единый элемент, может быть реализована на практике посредством нескольких компонентов устройства, и наоборот, функциональность элементов, указанных в описании или формуле изобретения как несколько отдельных элементов, может быть реализована на практике посредством единого компонента.

Несмотря на то, что примерные варианты осуществления были подробно описаны и показаны на сопроводительных чертежах, следует понимать, что такие варианты осуществления являются лишь иллюстративными и не предназначены ограничивать настоящее изобретение, и что данное изобретение не должно ограничиваться конкретными показанными и описанными компоновками и конструкциями, поскольку специалисту в данной области техники на основе информации, изложенной в описании, и знаний уровня техники могут быть очевидны различные другие

модификации и варианты осуществления изобретения, не выходящие за пределы сущности и объема данного изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ диагностики болезни Альцгеймера, содержащий этапы, на которых:

с использованием блока получения изображения получают трехмерное МРТ или КТ изображение головного мозга;

с использованием блока предварительной обработки, содержащего по меньшей мере один процессор и память, разделяют полученное трехмерное изображение на множество двумерных изображений в сагиттальной проекции, выбирают из множества двумерных изображений изображение, содержащее область гиппокампа, выполняют сегментацию выбранного изображения и получают на основе выполненной сегментации изображение, содержащее только головной мозг;

с использованием блока диагностики, содержащего по меньшей мере один процессор и память, выполняют классификацию изображения, полученного на основе сегментации, с помощью нейронной сети путем отнесения его к одному из следующих классов: когнитивно нормальный пациент, пациент с легким когнитивным нарушением или пациент с болезнью Альцгеймера, и если изображение отнесено к классу пациент с легким когнитивным нарушением или пациент с болезнью Альцгеймера, формируют отчет, содержащий классифицированное изображение и указание класса,

при этом нейронная сеть содержит слой свертки по глубине, выходные данные из которого подаются на первую ветвь и вторую ветвь, при этом первая ветвь содержит слой подвыборки по максимальному значению и следующий за ним слой свертки по глубине, выходные данные из которого подаются на третью ветвь и четвертую ветвь, при этом третья ветвь содержит слой подвыборки по максимальному значению, а четвертая ветвь содержит слой подвыборки по минимальному значению, при этом вторая ветвь содержит слой подвыборки по минимальному значению и следующий за ним слой свертки по глубине, выходные данные из которого подаются на пятую

ветвь и шестую ветвь, при этом пятая ветвь содержит слой подвыборки по максимальному значению, а шестая ветвь содержит слой подвыборки по минимальному значению, далее нейронная сеть содержит слой объединения, на котором выполняется операция конкатенации данных от третьей, четвертой, пятой и шестой ветвей, и следующие за ним два последовательных полносвязных слоя; и

с использованием блока передачи отчета передают отчет на устройство, запрашивавшее диагностику.

2. Способ по п. 1, в котором выбирают из множества двумерных изображений изображение, содержащее область гиппокампа, согласно предварительно заданному диапазону, в котором она должна находиться.

3. Способ по п. 2, в котором выбор изображения, содержащего область гиппокампа, содержит этапы, на которых:

выбирают из множества двумерных изображений набор изображений, входящих в предварительно заданный диапазон, в котором должна находиться область гиппокампа;

выполняют попытку распознавания гиппокампа в каждом из набора изображений;

выбирают изображение среди изображений, на которых гиппокамп успешно распознан.

4. Способ по п. 3, в котором среди изображений, на которых гиппокамп успешно распознан, выбирают изображение, на котором гиппокамп имеет наибольший размер.

5. Способ по п. 3, в котором среди изображений, на которых гиппокамп успешно распознан, выбирают два или более не являющихся смежными изображениями,

при этом дальнейшую обработку выполняют для каждого из выбранных изображений.

6. Способ по п. 5, в котором, если по меньшей мере одно изображение отнесено к классу пациент с легким когнитивным нарушением или пациент с

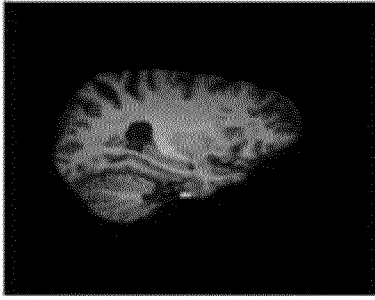
болезнью Альцгеймера, формируют отчет, содержащий упомянутое по меньшей мере одно изображение и соответствующее указание класса.

7. Способ по п. 5, в котором, если два или более изображений отнесены к классу пациент с легким когнитивным нарушением или пациент с болезнью Альцгеймера:

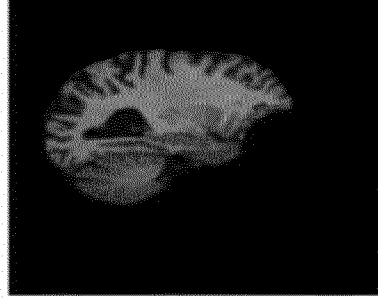
- выбирают изображения, отнесенные к классу пациент с болезнью Альцгеймера, и среди них выбирают изображение, имеющее наибольшую вероятность болезни Альцгеймера, или

- если нет изображений, отнесенных к классу пациент с болезнью Альцгеймера, выбирают изображение, имеющее наибольшую вероятность легкого когнитивного нарушения;

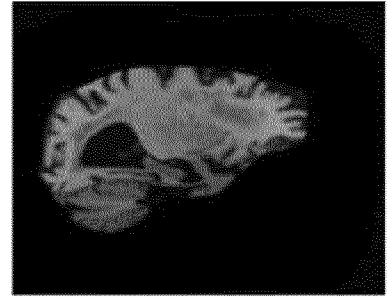
при этом формируют отчет, содержащий выбранное изображение и соответствующее указание класса.



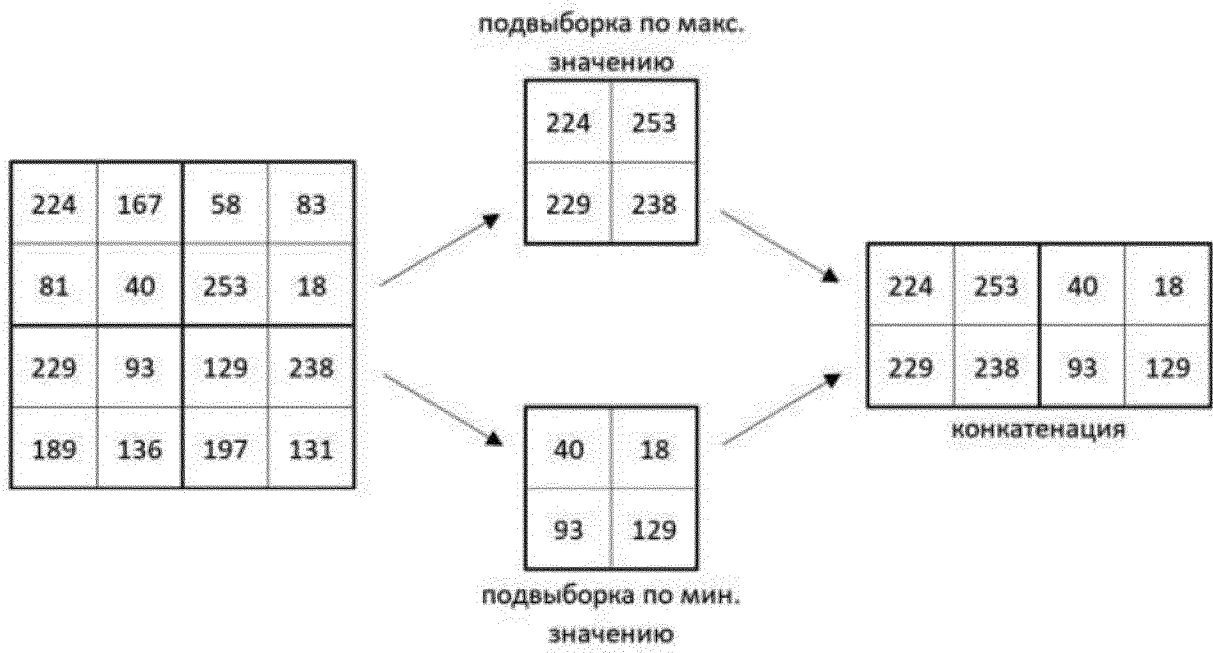
ФИГ. 1А



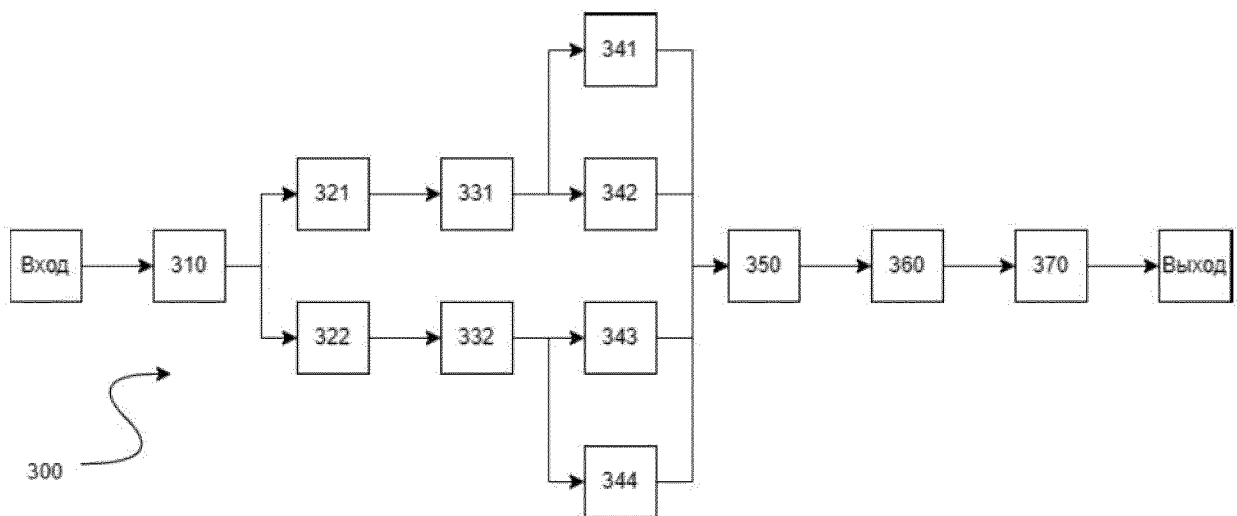
ФИГ. 1В



ФИГ. 1С



ФИГ. 2



ФИГ. 3

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202293545

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

G16H 50/20 (2018.01)
G06N 3/04 (2023.01)
G06V 10/22 (2022.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)
G16H 50/00-50/20, G06N 3/00-3/04, G06V 10/00-10/22

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
Google Patents, Espacenet, (ИС «Поисковая платформа» Роспатент), ЕАПТИС

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	US 2022/0151539 A1 (HEURON CO., LTD), 19.05.2022	1-7
A	US 2018/0204327 A1 (ADM DIAGNOSTICS LLC), 19.07.2018	1-7
A	CN 110236543 A (UNIV NATIONAL DONG HWA), 17.09.2019	1-7
A	CN 103646183 A (ZHANG QING), 19.03.2014	1-7


последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:
«А» - документ, определяющий общий уровень техники
«D» - документ, приведенный в евразийской заявке
«Е» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее
«О» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.
"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения
«Х» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности
«У» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории
«&» - документ, являющийся патентом-аналогом
«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **04/05/2023**

Уполномоченное лицо:
Начальник отдела механики,
физики и электротехники

 Д.Ф. Крылов