

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **048963**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2025.02.07

(21) Номер заявки
202393108

(22) Дата подачи заявки
2023.11.02

(51) Int. Cl. **G16H 50/20** (2018.01)
A61B 5/16 (2006.01)
G10L 25/66 (2013.01)
H04W 4/70 (2018.01)

(54) **СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА В СЕТИ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ,
ОСНОВАННЫЙ НА АНАЛИЗЕ ГОЛОСОВЫХ МАРКЕРОВ**

(43) **2025.02.05**

(96) **2023/ЕА/0075 (ВУ) 2023.11.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
"БЕЛОРУССКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ" (ВУ)**

(72) Изобретатель:
**Вишняков Владимир Анатольевич,
Юй Чуйэ (ВУ)**

(56) US-A1-20210233660

Yamada Y. et al, "Combining Multimodal Behavioral Data of Gait, Speech, and Drawing for Classification of Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment", Journal of Alzheimer's Disease 84 (2021) 315-327, 2021, [онлайн] [найдено 08.02.2024]. Найдено в <<https://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC8609704&blobtype=pdf>>abstract, с. 318 - Classification Model

US-A1-20170251985
RU-A-2020135875

(57) Изобретение относится к методу дистанционной диагностики и может быть использовано для выявления болезни Альцгеймера в сети интернет вещей у пациента с помощью машинного обучения на основе анализа языка и речи. Настоящее изобретение раскрывает способ диагностики болезни Альцгеймера в сети интернет вещей, направленный на проведение диагностики дистанционно и повышение скорости и точности распознавания признаков данной болезни, включающего последовательное выполнение следующих этапов: обучение нейронной сети на речевых данных больных Альцгеймером; получение речевых данных тестируемых участников и загрузка их в обученную нейронную сеть; обработка данных и выделение признаков; вынесение суждения о вероятности заболевания на основе классификатора случайных лесов, который основан на сочетании семантических признаков, фонетических особенностей и демографической информации. Фонетические признаки извлекаются из речевой информации, а семантические признаки извлекаются из транскрипций информации пациентов с установленной болезнью Альцгеймера, которые объединяются с полученными демографическими признаками и используются в классификаторе случайного леса для обучения. Далее обрабатывается речевая информация тестируемых участников и вводится в обученный классификатор для получения результата о вероятности наличия болезни Альцгеймера.

B1

048963

048963

B1

Изобретение относится к способу дистанционной диагностики и может быть использовано для выявления болезни Альцгеймера в сети интернет вещей с помощью машинного обучения на основе анализа языка и речи (лингвистический и фонетический анализ голоса).

Наиболее близким к настоящему изобретению является способ и устройство для прогнозирования болезни Альцгеймера, основанный на характеристиках голоса [1]. Этот способ предсказывает, есть ли у пациента болезнь Альцгеймера, комбинируя голосовые выборки, сгенерированные путем записи голоса пациента через блок голосового ввода, и извлекая голосовые характеристики с демографической информацией пациента, полученной блоком ввода данных. Инновацией этого патента является применение динамика с искусственным интеллектом, который использует акустические характеристики для прогнозирования у тестируемого наличия болезни Альцгеймера и вероятности ее развития путем сбора ответов от участников, участвующих в разговоре. Недостатком этого изобретения является недостаточная точность прогнозирования 81,6% и невозможность проводить диагностику удаленно.

Настоящее изобретение направлено на осуществление диагностики дистанционно и повышение скорости и точности постановки диагноза по наличию или отсутствию болезни Альцгеймера у тестируемого участника.

Поставленная цель достигается за счет использования сети интернет вещей (ИВ), сведения к минимуму ложных срабатываний, обеспечения экономически эффективных и потенциально масштабируемых будущих решений для диагностики и выявления болезни Альцгеймера (БА) путем:

1. Персонализации диагностики за счет использования сети ИВ и моделей машинного обучения для выявления БА, посредством того, что участники, проходящие тестирование, могут загружать свои речевые данные, в любое время и в любом месте, что упрощает процесс мониторинга, способствует вовлечению в самообучение и управление здоровьем.

2. Использовании метода машинного обучения, основанного на алгоритме классификатора случайных лесов. Запись спонтанной описательной речи тестируемого участника проводится при помощи смартфонов дополнение и транскрибирование в текст полученных речевых данных, с последующим извлечением как фонетических, так и семантических характеристик с учетом введенной предварительно демографической информации (такой как пол и возраст). Использование обученного классификатора на наборе данных участников с уже установленной БА на базе нейронной сети в сети ИВ и проведение диагностики состояния тестируемого участника с выводом о том, страдает ли он болезнью Альцгеймера.

Описание изобретения

Способ диагностики БА в сети ИВ, основанный на анализе голосовых маркеров, включает следующие шаги:

шаг 1. Классификатор, который входит в состав сети ИВ, обучается на наборе данных участников с установленной БА (в частности ADReSS2020 challenge [2]).

Шаг 2. Выполняется сбор речевых данных от тестируемого участника, которому предлагается заполнить не требующее пояснений описательное повествовательное задание на определенную тему с помощью смартфона в тихой комнате. Далее полученные речевые данные передаются на платформу ИВ для расширенной обработки. Речевые данные улучшаются с помощью предварительной обработки с шумоподавлением, чтобы сделать человеческий голос более четким, что позволяет регулировать время и частоту речевых выборок таким образом, чтобы они были постоянными.

Шаг 3. Предварительная обработка речевых данных, полученных от тестируемого участника. Поскольку настоящее изобретение сочетает фонетические признаки с семантическими признаками, необходимо преобразовать речевые данные в текст для процесса предварительной обработки речевых данных (табл. 1). На фиг. 1 показано, как обрабатываются речевые данные участника после загрузки на платформу ИВ.

Таблица 1

Преобразование речевых данных в текст

	Демографические	Возраст
	данные	Пол
Тестируемый участник / вопросы / речь / время / Аудиоданные	Измерение времени	Вставить общее затраченное время, проанализировать временные блоки, взять первый и последний
		Общее время вставки, затраченное на одно предложение
		Время перед началом выступления
		Время между каждым предложением
		Среднее/минимальное/максимальное/медианное время произнесения предложения
Текст	Вставить специальные символы в речь, паузы и т.д.	
	Классифицировать на уровне предложения плюс POS-тегов	
	Интервьюер, вопросы / речь / время...	

Шаг 4. Фонетические признаки извлекаются из речевых данных, а семантические признаки - из текстовых данных. В настоящем изобретении были извлечены три аспекта: временные признаки, социологические признаки и семантические признаки, признаки классифицированы и конкретно названы, как показано в табл. 1. Импортация транскриптов в модель TfidfVectorizer после извлечения объектов. Поскольку алгоритмы машинного обучения могут обрабатывать только числовые данные, они не могут напрямую обрабатывать текст и требуют перевода его в числовые вектора. TfidfVectorizer - это метод с открытым исходным кодом для обработки текста на естественном языке [3], центральной идеей которого является алгоритм TF-IDF (Term frequency - обратная частота документа), распространенный метод взвешивания для поиска информации и интеллектуального анализа данных. TfidfVectorizer использует частоту обратной области (IDF) и частоту терминов (TF) слов для вычисления соответствующих им значений частоты обратной области (TF-IDF). Количество слов t в данном текстовом массиве вычисляется по формуле, приведенной ниже:

$$tf(t, d) = count(t, d), \quad (1)$$

где t - термин,
 d - документ,

Результатом подсчета (t, d) является количество вхождений термина t в документе d . Принимая во внимание, что IDF слова t в d вычисляется по формуле, приведенной ниже:

$$idf(t) = \log\left(\frac{N}{df(t)}\right) \quad (2)$$

где N - общее количество текстов в документе,
 $df(t)$ - количество текстов, содержащих термин t .

Значение Tf-idf слова t в данном документе d вычисляется с использованием приведенной ниже формулы:

$$Tf_{idf(t,d)} = tf(t, d) * idf(t) \quad (3)$$

где $tf(t, d)$ - условная частота слова t в документ d , которая обозначает количество раз, когда слово t появлялось в документе d , деленное на общее количество слов в документе.

Параметры TfidfVectorizer в этом эксперименте были установлены так, как показано в табл. 2.

Таблица 2

Настройка параметров для TfidfVectorizer	
Параметры	Настройки (значения)
vec_max_features	100, 500, 1000, 2000, 10000
Vec_stop_words	'english', None
Vec_analyzer	'word', 'char'
Vec_max_df	0.5, 0.75, 1.0
vec_sublinear_tf	True, False

Шаг 5. Ввод всех признаков в предварительно обученную нейронную сеть (классификатор случайного леса) для их распознавания, которая определяет с вероятностью как и прототип, наличие у тестируемого участника наличие или отсутствие болезни Альцгеймера.

Случайный лес - это алгоритм, который объединяет несколько деревьев с помощью интегрированной идеи обучения, основной единицей которой является дерево решений. В частности, каждое дерево решений является классификатором. Для входной выборки N деревьев будут иметь N результатов классификации, случайный лес определяет категорию с наибольшим количеством голосов в качестве конечного результата, простейшая идея распределения по категориям. Процесс обучения классификатора случайных лесов происходит следующим образом:

1. Произвольно отбираются образцы из обучающего набора, чтобы сформировать новый обучающий набор (пакетирование, самонастройка).
2. Случайным образом выбираются определенные функции в обучающем наборе, чтобы сформировать новый набор функций.
3. Обучается дерево решений на основе нового обучающего набора и функций. Дерево решений обучается путем непрерывного деления набора данных на меньшие подмножества до тех пор, пока количество подмножеств не станет настолько малым, что оно будет предопределено заранее или больше не сможет быть разделено.
4. Повторяются шаги с 1 по 3, чтобы обучить несколько деревьев принятия решений для формирования случайного леса.

На фиг. 2 показана взаимосвязь между деревьями принятия решений и случайным лесом.

В табл. 3 показаны настройки параметров классификатора случайного леса.

Таблица 3

Параметры классификатора случайных лесов	
Параметры	Настройки
clf_n_estimators	10
clf_max_depth	10
clf_min_samples_split	5
clf_min_samples_leaf	2
clf_bootstrap	True, False

Технология GridSearchCV - это вариант поиска по сетке, который представляет собой алгоритм, использующий перекрестную проверку для выбора наилучших гиперпараметров. В частности, GridSearchCV делит пространство гиперпараметров на подпространства и выполняет перекрестную проверку в каждом подпространстве, чтобы выбрать наилучшую комбинацию гиперпараметров классификатора случайных лесов. По сравнению с традиционным алгоритмом поиска по сетке, GridSearchCV может не только снизить риск переобучения, но и повысить стабильность и способность к обобщению модели. В ходе данного эксперимента было проведено 10 перекрестных проверок. Модель была протестирована с использованием набора данных ADRess2020 challenge, который был разделен на обучающий набор и тестовый набор в соотношении 8:2. По результатам обучения классификатор достиг 85% точности, 85% прецизионности, 80% отзыва и 76% среднего значения F1. Сравнительный анализ с прототипом показал, что точность предложенного способа была повышена на 3,4%.

Шаг 6. Отправление полученных результатов в приложение тестируемому участнику с итоговой информацией о наличии либо отсутствии, с вероятностью, признаков болезни Альцгеймера.

Источники информации

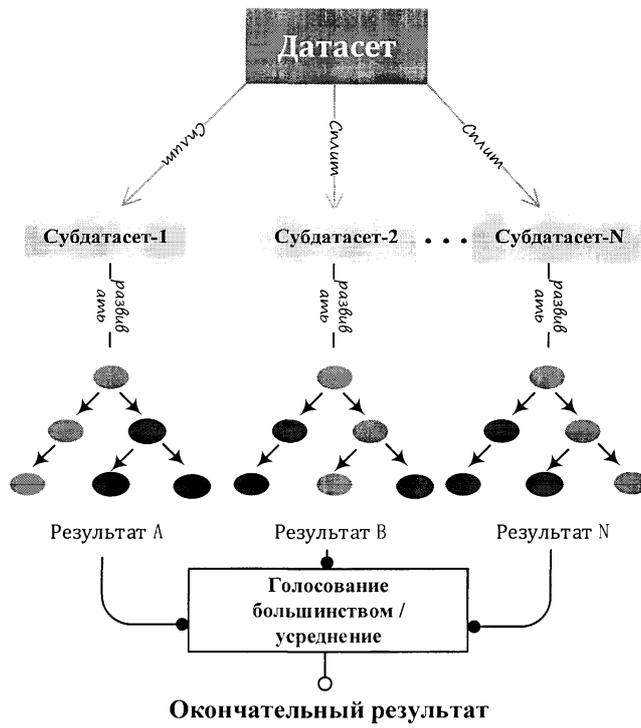
1. Патент EP4179961A1, A61B5/00. Voice Characteristic-Based Method and Device for Predicting Alzheimer's Disease. LEE JUN-YOUNG, KO HYUNWOONG / (Europe). – заявл. 08.07.2021.; опубл. 17.05.2023.
2. Luz S, Haider F, de la Fuente S, et al. Alzheimer's dementia recognition through spontaneous speech: The ADRess challenge. *arXiv preprint arXiv:2004.06833*, 2020.
3. Manning C D. An introduction to information retrieval. Cambridge university press, 2009, 581p.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ диагностики болезни Альцгеймера в сети интернет вещей, основанный на анализе голосовых маркеров, осуществляющийся при помощи машинного обучения с использованием классификатора на базе нейронной сети, предварительно обученного на речевых данных пациентов с установленной болезнью Альцгеймера, отличающийся тем, что для распознавания заболевания потенциальных пациентов с болезнью Альцгеймера, их речевые данные записывают на смартфон, выполняют их распознавание и преобразование при помощи метода TfidfVectorizer, который использует обратную частоту документов - IDF и частоту терминов - TF для расчета соответствующих значений TF-IDF, проводят его векторизацию, выбирают наиболее важные слова и передают их на платформу интернета вещей, выделяют и оптимизируют гиперпараметры с помощью метода GridSearchCV, который делит пространство гиперпараметров на подпространства, далее выполняют перекрестную проверку в каждом из них и на их основе при помощи обученного классификатора проводят распознавание болезни Альцгеймера, результаты направляют на смартфоны пациенту и врачу.



Фиг. 1



Фиг. 2