

СИСТЕМА ОЦЕНКИ РЕЧЕВОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ С БАС

Наркевич Е. С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Лихачев Д. С. – к.т.н., доцент

На данный момент в Республике Беларусь наблюдается тенденция к росту инвалидности и смерти вследствие болезни двигательного нейрона, в частности самой распространенной ее разновидности – бокового амиотрофического склероза [1]. Разработка специализированного мобильного приложения для операционной системы Android ALS Expert, которое предоставляет функционал для записи, обработки и вывода результатов анализа голосовых тестов, является актуальным вопросом, поскольку данная разработка позволит врачам получить простой в использовании инструментарий для оценки состояния пациента. Для анализа голосового сигнала использована математическая модель на базе линейного дискриминантного анализа (ЛДА), для обучения которой использовалась база голосов, которая записана на базе Республиканского научно-практического центра неврологии и нейрохирургии.

Боковой амиотрофический склероз – заболевание, которое характеризуется поражением мотонейронов, развитием мышечных атрофий, бульбарных, дыхательных нарушений и быстрым течением заболевания [1, 2]. Разработка инструментария для ранней диагностики и оценки состояния пациентов является актуальной задачей для улучшения качества жизни пациентов, в том числе как средство сокращения времени, которое необходимо для постановки диагноза. Для оценки течения заболевания используется оценка нарушения голосовой функции пациента.

В качестве инструмента для диагностики, мониторинга и оценки состояния пациентов предлагается использовать мобильное приложение для операционной системы Android. Данный формат является наиболее удобным как для врачей, так и для пациентов, так как не требует специализированного оборудования и специально подготовленного помещения, в связи с повсеместностью использования смартфонов, также преимуществами данного формата является простота в установке и использовании.

Описываемое мобильное приложение ALS Expert предназначено для ранней диагностики БАС и отслеживания динамики прогрессирования заболевания на основе анализа нарушений речи. Основным функционалом приложения является запись голосового сигнала, его обработка и отображение общей оценки состояния пациента, а также акустических признаков, которые предназначены для интерпретации врачом. Голосовым тестом системы является длительное произношения звука [а].



Рисунок 1 – Архитектура системы оценки голосовой функции для пациентов с БАС

Анализ записанного голосового сигнала в соответствии с математической моделью осуществляется в вычислительном ядре приложения, которое реализовано на языке программирования C++. Для реализации пользовательского интерфейса и логики работы приложения используется специальный набор средств с открытым исходным кодом Flutter. Flutter является оптимальным решением для быстрой разработки кроссплатформенных приложений с удобным пользовательским интерфейсом. Для разработки Flutter-приложения используется язык программирования Dart [3]. Для оцифровки и сохранения голосового сигнала используется программный модуль, который реализован на языке программирования Java. Также данный модуль используется для связи между вычислительным ядром и модулем интерфейса. Описанная выше архитектура системы приведена на рисунке 1.

Для проведения теста пользователю необходимо нажать кнопку для записи голосового сигнала, после записи приложение производит анализ полученных данных. После обработки записи на экране отображаются следующие акустические признаки: джиттер, шиммер, индекс патологичности вибрато. Для удобства интерпретации данные выводятся в форме таблицы с вычисленными значениями и в форме нескольких гистограмм с отображением значения границы нормы признаков. После анализа нарушений речи пациента на основе полученных акустических признаков врач может сделать вывод о динамике состояния больного БАС.

В вычислительном ядре для обработки голосового сигнала использована математическая модель на базе линейного дискриминантного анализа (ЛДА). В качестве входных параметров модели используются следующие акустические признаки [4, 5, 6], которые извлекаются из записи голоса тестируемого человека:

1) джиттер – мера изменения частоты основного тона, которая является показателем стабильности работы фонаторной системы подсистемы речеобразования. Показатель растет при нарушении нейромоторной функции;

2) шиммер – мера вариативности амплитуды акустической волны во время фонации. Показатель растет при наличии речевых нарушений. Для оценки шиммера используется коэффициент амплитудных возмущений, который учитывает эффект "дрейфа" амплитуды сигнала, который возникает при естественном спаде интенсивности голоса;

3) энтропия периодов основного тона. Данный параметр используется для оценки нарушения способности контролировать стабильность частоты основного тона при протяжном произнесении звуков. Увеличение данного параметра говорит о превышении естественного уровня вариации основного тона;

4) степень патологии вибрато. Вибрато – это быстрое и регулярное колебание частоты основного тона во время длительной фонации. У больных БАС данный параметр характеризуется высокочастотными составляющими (около 9-14 Гц) [7].

5) среднеквадратичное отклонения частоты основного тона;

6) частотный диапазон фонации – параметр, характеризующий максимальное отношение частоты основного тона к минимальному.

7) направленный коэффициент возмущений.

В результате анализа голосового сигнала моделью вектор акустических признаков преобразуется в одну общую оценку, на основании которой определяется отношение голоса либо к категории здоровых, либо к категории больных. Если голос относится к группе больных, то исходя из

вычисленной с помощью ЛДА общей оценкой, отображается показатель степени нарушения голосовой функции, которая измеряется в шкале от 0 до 100 %. Для обучения математической модели использовалась записанная в Республиканском научно-практическом центре неврологии и нейрохирургии база голосов, которая состоит из 38 здоровых голосов и 25 голосов пациентов с БАС. Для базы голосов, как и для тестирования в приложении, использовалось длительное произношения звука [а] участниками записи.

Принимая во внимания тот факт, что продолжительность жизни пациентов с БАС составляет 3-5 лет, выживаемость каждого последующего года падает [1], а существующие средства диагностики ранней диагностики и последующего отслеживания развития заболевания имеют ряд недостатков и ограниченный функционал, разработка мобильного приложения для оценки голосовой функции для больных с БАС, в частности разрабатываемого приложения ALS Expert, позволит помочь врачам осуществлять раннюю диагностику боковой амиотрофического склероза и отследить развитие заболевания в динамике, так же позволит специалистам анализировать объективные параметры, что на данный момент недоступно при использовании аналогов.

Список использованных источников:

1. Рушкевич, Ю.Н. Уровень инвалидности вследствие болезни двигательного нейрона в Республике Беларусь / Ю.Н. Рушкевич, А.В. Копыток, С.А. Лихачев // Неврология и нейрохирургия. Вост. Европа. – 2017. – Т.7, №4. – С. 225–236.
2. Рушкевич, Ю.Н. Эпидемиология болезни двигательного нейрона в Республике Беларусь / Ю.Н. Рушкевич, С.А. Лихачев // Неврология и нейрохирургия. Вост. Европа. – 2018. – Т.8, №4. – С. 551–561.
3. Flutter – Beautiful native apps in record time [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://flutter.dev/>. – Дата доступа: 10.04.2020.
4. Вашкевич М. И., Рушкевич Ю. Н. Детектирование речевых нарушений у пациентов с БАС на основе анализа голосового сигнала // Цифровая обработка сигналов. – 2019. – №4. – с. 33-41
5. Гвоздович А. Д., Рушкевич Ю. Н., Вашкевич М. И. Детектирование бульбарных нарушений при боковом амиотрофическом склерозе на основе анализа речевого сигнала // Доклады БГУИР. – 2018. – №. 6 (116) – С. 52-58
6. Клинический опыт применения частотно-временного анализа речевых сигналов в диагностике и мониторинге бульбарной дисфункции / Ю. Н. Рушкевич и др. // Неврология и нейрохирургия. Восточная Европа. – 2017. – Т.7, №3. – С.429 – 439.
7. Vashkevich M., Petrovsky A., Rushkevich Y. Bulbar ALS Detection Based on Analysis of Voice Perturbation and Vibrato // 2019 Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA). – P. 267-272.