

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.934.2+534.784

Гвоздович  
Артём Дмитриевич

**Система диагностики неврологического заболевания БАС по речи**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-40 80 01 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

---

Научный руководитель

Вашкевич Максим Иосифович  
К.т.н., доцент каф. ЭВС

---

Минск 2020

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

## **Актуальность темы исследования.**

В настоящее время для определения неврологического заболевания БАС необходимо посещение к врачу. Однако не все могут найти время и возможности посетить специалиста. Актуальность данной темы состоит в предложении алгоритма определения наличия заболевания у пациента для возможной реализации на любом устройстве.

## **Цель и задачи исследования.**

Целью данной работы является разработка алгоритма определения БАС по речи. Соответственно в работе сформулированы и решены следующие задачи:

1. изучить существующие алгоритмы определения БАС по речи;
2. найти характеристики голоса, с помощью которых можно диагностировать наличие БАС;
3. определить наиболее точную модель классификации для диагностирования БАС;
4. провести экспериментальное исследование разработанного алгоритма.

**Объектом** исследования являются методы и способы диагностирования БАС с помощью анализа речи.

**Предметом** исследования является применение характеристик голоса для определения неврологического заболевания БАС.

**Область исследования и содержание** диссертационной работы соответствуют образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-40 80 01 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в разработке и экспериментальном исследовании алгоритма диагностирования неврологического заболевания БАС.

## **Положения, выносимые на защиту.**

1. Разработанный алгоритм диагностирования неврологического заболевания БАС.
2. экспериментальные исследования точности полученного алгоритма, реализованного на базе языка MatLab.

## **Апробация результатов диссертации.**

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, 2018), 55-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, 2019), I Международной научно-практической конференции «Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации», приуроченной 50-летию новейшей истории Полоцкого государственного университета (Новополоцк, 2018) и XI-ой Международной научно-технической конференции «МЕДЭЛЕКТРОНИКА-2018» (Минск, 2018).

#### **Опубликованность результатов исследования.**

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликованы тезисы в сборниках и материалах научных конференции, а также в научных журналах.

#### **Структура и объем диссертации.**

Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации -66 страниц. Работа содержит 2 таблиц, 33 рисунка. Библиографический список включает 37 наименований, графический материал включает ? слайдов презентации (Приложение Б).

## ВВЕДЕНИЕ

Боковой амиотрофический склероз (БАС) представляет собой группу редких неврологических заболеваний, в которых участвуют главным образом нервные клетки (нейроны), отвечающие за контроль произвольного мышечного движения. Добровольные мышцы производят такие движения, как жевание, ходьба и разговор. Болезнь прогрессирует, то есть симптомы со временем ухудшаются. В настоящее время не существует лекарства от БАС и эффективного лечения, которое могло бы остановить или обратить вспять прогрессирование заболевания.

БАС относится к более широкой группе расстройств, известных как заболевания двигательных нейронов, которые вызваны постепенным ухудшением (дегенерацией) и гибелью двигательных нейронов. Моторные нейроны - это нервные клетки, которые простираются от головного мозга до спинного мозга и мышц по всему телу. Эти двигательные нейроны инициируют и обеспечивают жизненно важные коммуникационные связи между мозгом и произвольными мышцами.

БАС часто начинается с рук, ног или конечностей, а затем распространяется на другие части тела. По мере развития болезни и разрушения нервных клеток ваши мышцы становятся слабее. Это в конечном итоге влияет на жевание, глотание, речь и дыхание.

По мере прогрессирования заболевания БАС вызывает осложнения, такие как:

1. Проблемы с дыханием.
2. Проблемы с речью
3. Проблемы с питанием

БАС обычно диагностируется у невролога. Там нет конкретного теста для БАС. Процесс установления диагноза может занять от нескольких недель до месяцев.

Но далеко не у каждого есть возможность посетить специалиста для диагностики неврологического заболевания. В связи с этим было решено разработать алгоритм, который сможет диагностировать и выявить заболевание в домашних условиях. Самый простой вариант диагностики неврологических заболеваний для которого не требуется специальное оборудование – диагностики по речевому сигналу. В данной диссертации мы разработаем систему диагностики неврологического заболевания БАС по речи.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **1 Особенности построения систем диагностики по речи**

В первой главе диссертации приведен процесс речеобразования, спектральное описание речевого сигнала и описание построения систем диагностики по речевом сигналу с описанием недостатков существующих автоматических систем диагностики.

Были описаны подсистемы, которые включены в систему речеобразования, а также описано, что при неврологическом заболевании происходят изменения в каждой из подсистем.

При рассмотрении существующих автоматических систем диагностирования неврологических заболеваний были выявлены следующие проблемы:

1. существует риск, что система будет слишком сильно оптимизирована для учебных данных, что ограничит её способность к обобщению;
2. подход требует больших вычислительных ресурсов, что не позволяет его использовать в портативных устройствах;
3. подходы очень чувствительны к шуму и не в состоянии работать с речевыми сигналами записанными в различных условиях на различные микрофоны.

### **2 Основные признаки, используемые для диагностики неврологических заболеваний по голосу**

В этой главе были приведены возможные признаки речевого сигнала. Т.к. цель работы создать систему, которая сможет работать с любым звукозаписывающим устройством и в любых условиях, то необходимо было выбрать признаки голоса, на которые не сильно влияют сторонние шумы. Руководствуясь такими правилами были описаны в этой главе следующие признаки:

1. Джиттер и Шиммер
2. Отношение гармоник/шум
3. Формантная структура звуков
4. Признаки на основе близости огибающих
5. Анализ пауз

### **3 Классификаторы для диагностирования**

В данной главе были представлены и описаны основные классификаторы, которые были использованы в данной работе:

1. Линейный дискриминантный анализ;
2. Квадратичный дискриминантный анализ;
3. Алгоритм кластеризации k-средних.

#### 4 Разработка структуры системы диагностики и выявления неврологического заболевания

В данной главе была представлена общая структура системы для диагностики и выявления неврологического заболевания БАС. Также было описан каждый блок системы.

Вторым пунктом данной главы было подробное описание алгоритмы динамической трансформации временной шкалы и представлена реализация данного алгоритма в среде MatLab для сопоставления спектра.

#### 5 Анализ результатов проектирования

В данной главе были представлены результаты работы проработанной системы. В самом начале представлен результат работы алгоритма динамической трансформации временной шкалы. Также были посчитаны признаки голоса, которые были представлены во второй главе. И представлены графики в виде распределения вероятности.

В конце главы представлены результаты работы классификаторов с разным набором характеристик. Результаты сравнивались по таким параметрам, как общая точность (Acc), чувствительность (Sens), специфичности (Spec).

Результаты классификации можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты классификации

Характеристики	Acc / Sens / Spec, %		
	LDA	QDA	K-средних
d1	83.4 / 69.6 / 69.6	83.1 / 68.9 / 89.1	81.1 / 54.3 / 92.4
F1a	70.3 / 0.0 / 0.0	70.3 / 0.0 / 99.9	63.5 / 10.3 / 86.0
F2a	68.1 / 0.4 / 0.4	68.6 / 0.1 / 97.5	65.4 / 2.2 / 92.1
F1i	70.3 / 0.0 / 0.0	69.7 / 0.0 / 99.2	66.1 / 13.2 / 88.4
F2i	86.5 / <b>92.0</b> / <b>92.0</b>	86.8 / <b>90.0</b> / 85.5	<b>85.2</b> / <b>88.8</b> / 83.7
F1conv	70.3 / 0.0 / 0.0	70.3 / 0.0 / <b>100.0</b>	66.6 / 0.5 / <b>94.6</b>
F2conv	86.1 / 83.4 / 83.4	85.7 / 80.3 / 88.1	82.1 / 72.8 / 86.0
d1 и F2i	86.4 / 80.0 / 80.0	84.0 / 78.8 / 86.2	83.9 / 85.3 / 83.4
d1 и F2conv	<b>89.1</b> / 85.4 / 85.4	<b>87.8</b> / 81.7 / 90.3	81.5 / 73.6 / 84.9
F2i и F2conv	88.9 / 84.9 / 84.9	84.5 / 79.1 / 86.7	81.1 / 70.5 / 85.5
d1, F2i и F2conv	88.8 / 85.8 / 85.8	66.2 / 87.8 / 57.2	83.2 / 75.0 / 86.6
Все характеристики	83.4 / 69.6 / 69.6	83.1 / 68.9 / 89.1	81.1 / 54.3 / 92.4

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрена задача выявления и диагностики неврологического заболевания БАС на основе анализа речевого сигнала. Были рассмотрены и проанализированы различные аналоги существующие на данный момент, а также описаны их недостатки.

В ходе выполнения данной работы было предложено для решения данной задачи выполнять совместный анализ огибающих различных гласных, звуков. Для выделения гласных звуков было предложено использовать алгоритм dynamic time warping с использованием размеченного эталона. Для классификации использовались алгоритмы на основе линейного дискриминантного анализа, квадратичного дискриминантного анализа и кластеризации k-средних. Для анализа использовались записи счета от одного до десяти. Данная система была реализована в среде разработки MATLAB.

В результате работы алгоритма максимальная точность классификации составила 89,1%. Проанализировав результаты работы алгоритмов классификации обнаружили, что увеличение точности классификации можно достигнуть с помощью правильно подобранного алгоритма классификации. Так же было обнаружено, что основную точность дают правильно подобранные признаки.

Дальнейшая работа должна быть направлена на поиск еще нескольких признаков, которые могут увеличить точность. После нахождения данных признаков необходимо подобрать классификатор, который сможет дать максимальную точность. Также для лучшего обучения классификатора необходимо увеличить базу здоровых и пациентов с БАС, а также добавить в базу пациентов с другими заболеваниями.

## Список публикаций соискателя

1. Гвоздович, А. Д. Система диагностики и выявления неврологических заболеваний на основе анализа речевого сигнала // 54-я научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 23-27 апрель 2018 г.

2. Гвоздович, А. Д. Анализ классификаторов для диагностирования неврологического заболевания БАС / А. Д. Гвоздович // Компьютерные системы и сети: 55-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22-26 апреля 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2019. – С. 251 – 253.

3. Гвоздович, А. Д. Диагностика неврологических заболеваний на основе анализа речевого сигнала / А. Д. Гвоздович, М. И. Вашкевич // Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации (ИКТ-2018) [Электронный ресурс] : электронный сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 14–15 июня 2018 г. / Полоцкий государственный университет. – Новополоцк, 2018.

4. Гвоздович, А. Д. Детектирование бульбарных нарушений при боковом амиотрофическом склерозе на основе анализа речевого сигнала / А. Д. Гвоздович, Ю. Н. Рушкевич, М. И. Вашкевич // Доклады БГУИР 2018, №6(116).

5. Вашкевич, М. И. Акустический анализ голоса для выявления речевых нарушений при боковом амиотрофическом склерозе / М. И. Вашкевич, А. Д. Гвоздович, Ю. Н. Рушкевич, А. А. Петровский // Доклады БГУИР 2018, №7(117).

6. Vashkevich M. Detection of Bulbar Dysfunction in ALS Patients Based on Running Speech Test/ Vashkevich M., Gvozдович A., Rushkevich Y. // International Conference on Pattern Recognition and Information Processing. – Springer, Cham, 2019. – С. 192-204.