

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра информатики и программирования

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО БИОМЕТРИЧЕСКИМ  
ПРИЗНАКАМ**

**АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 2 курса 273 группы

направления 02.04.03 Математическое обеспечение и администрирование  
информационных систем

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Ермолаева Александра Михайловича

Научный руководитель:

Старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Е. Е. Лапшева

подпись, дата

Зав. кафедрой:

к. ф.-м. н.

\_\_\_\_\_

М.В. Огнева

подпись, дата

Саратов 2020

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность темы.**

Проблема контроля доступа к различным системам и ресурсам является очень актуальной в последнее время. Большинство предлагаемых на рынке средств контроля доступа предполагают использование некоторых технических средств идентификации: магнитные карты, электронные ключи, брелоки и т.д. При построении таких систем и их дальнейшей эксплуатации значительная часть их стоимости приходится на создание персонального средства идентификации для каждого пользователя. К тому же подобные средства контроля доступа могут быть украдены, скопированы или переданы третьим лицам, что делает всю систему уязвимой. Решением всех этих проблем могут стать системы контроля основанные на биометрических признаках.

Распознавание человека на основе его биометрических параметров становится всё популярнее в последние годы. На данный момент наиболее широко распространены такие методы аутентификации как, аутентификация по отпечатку пальца, по лицу и по голосу. Появление нейронных сетей существенно поменяло подход к построению систем биометрической аутентификации. В подобных системах, нейронные сети применяются в процессе сравнения и классификации параметров, полученных на основе биометрических признаков человека, например для сравнения голосовых отпечатков.

Нейронные сети так же получают всё большее и большее распространение в современном мире, практически во всех популярных областях. Они применяются в экономике для прогнозирования временных рядов (курсы валют, объемы продаж), в робототехнике (распознавание объектов перед роботом, прокладка маршрута), в программах обработки информации (распознавание рукописных текстов, речи человека) и во многих других сферах. Для решения некоторых задач создаются даже специальные архитектуры процессоров, ориентированные на работу с нейросетями.

В повседневной жизни можно столкнуться с нейронными сетями, фотографируя на камеру смартфона (нейронные сети используются для улучшения качества фотографий), общаясь с умным домашним помощником от Google или Amazon.

Целью всей выпускной квалификационной работы является разработка системы аутентификации человека по голосу с использованием нейронных сетей. Для достижения этой цели было решено разделить работу на два этапа:

1. Создание прототипа программы идентификации человека по голосу без использования нейронных сетей.
2. Реализация процесса сравнения голосовых отпечатков с использованием нейронных сетей.

Были определены следующие задачи:

1. Изучение существующих методов аутентификации на основе биометрических признаков.
2. Изучение существующих алгоритмов аутентификации человека по голосу.
3. Реализация алгоритма идентификации человека по голосу с использованием метода мел-кепстральных коэффициентов.
4. Изучение видов и архитектур нейронных сетей, методов их обучения.
5. Реализация нейронной сети для сравнения голосовых отпечатков человека.

**Цель магистерской работы** – разработка системы аутентификации человека по голосу с использованием нейронных сетей.

Поставленная цель определила **следующие задачи**:

1. Изучение существующих методов аутентификации на основе биометрических признаков.
2. Изучение существующих алгоритмов аутентификации человека по голосу.
3. Реализация алгоритма идентификации человека по голосу с использованием метода мел-кепстральных коэффициентов.

4. Изучение видов и архитектур нейронных сетей, методов их обучения.
5. Реализация нейронной сети для сравнения голосовых отпечатков человека.

**Методологические основы** идентификации человека по биометрическим признакам представлены в работах П.А. Меньшакова, И.А. Мурашко, О.А. Вишняковой, Д.Н. Лаврова, В.И. Иванова, М.В. Тимофеева, Е.А. Чернецовой и А.Д. Шишкина. Среди зарубежных учёных можно выделить Ксуендога Дэвида Хуана.

**Теоретическая и/или практическая значимость магистерской работы.** Проблема контроля доступа к ресурсам актуальна как никогда и решения, без использования физических ключей, постепенно исчезают из повседневной жизни. Использование биометрических признаков человека в качестве ключа доступа к данным является достойной заменой физическим ключам. Реализованные в данной работе алгоритмы можно применить при создании систем биометрической аутентификации, которые будут рассчитаны как на аутентификацию одного единственного пользователя, так и на аутентификацию большого количества людей. В первом случае это может быть использовано, например, для получения доступа к своим личным данным на смартфоне, во втором – для получения доступа в рабочее помещение сотрудниками одной компании.

**Структура и объём работы.** Магистерская работа состоит из введения, 6 разделов, заключения, списка использованных источников и 3 приложений. Общий объём работы – 77 страницы, из них 60 страниц – основное содержание, включая 19 рисунков и 4 таблицы, список использованных источников информации – 32 наименования.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Первый раздел «Биометрические системы аутентификации»** посвящён различным существующим методам биометрической аутентификации, характеристикам, определяющим надёжность

биометрических систем аутентификации, а также методу мел-кепстральных коэффициентов для получения характеризующих признаков голосового отпечатка человека.

Биометрической системой аутентификации называется система, использующая для удостоверения личности людей их биометрические данные.

Характеристики, определяющие надёжность систем биометрической аутентификации:

1. FAR (False Acceptance Rate) - характеризует вероятность ложного совпадения биометрических параметров двух разных людей, в результате чего доступ к данным может получить чужой человек.
2. FRR (False Rejection Rate) - определяет вероятность отказа в доступе человеку, которому этот доступ положен.

Биометрическая система считается тем лучше, чем меньше значение характеристики FRR при одинаковых значениях FAR.

Представление звукового сигнала в виде мел-частотных спектральных коэффициентов куда эффективнее, чем сравнение спектрограммы сигнала или же сравнение самого звукового сигнала. Мел (Mel) - искусственно введенная единица высоты звука, основанная на том, как этот звук воспринимается человеческими органами слуха.

Использование голосовых отпечатков для идентификации человека возможно. Системы идентификации основанные на биометрических признаках стоит оценивать по вероятностям ложного доступа и ложного отказа.

**Второй раздел «Нейронные сети»** посвящен различным видам и архитектурам нейронных сетей (сети прямого распространения, свёрточные сети, рекуррентные сети), их внутреннему устройству и типам решаемых, с помощью нейронных сетей, задач.

**Третий раздел «Обучение нейронных сетей»** посвящён подходам к обучению нейронных сетей (обучение с учителем и без учителя), а также

конкретным методам обучения (метод градиентного спуска, метод обратного распространения ошибки).

**Четвёртый раздел «Самоорганизующаяся сеть Кохонена»** полностью посвящён самоорганизующейся сети Кохонена и алгоритму обучения самоорганизующихся сетей.

Самоорганизующаяся сеть (или карта) Кохонена – вычислительный метод, предназначенный для решения задач кластеризации и визуализации, а так же анализа многомерных данных. Сеть Кохонена состоит всего из двух слоёв: входного слоя нейронов (распределительный слой) и выходного слоя (слой Кохонена).

Алгоритм обучения самоорганизующихся сетей можно разделить на три шага: конкуренция (выбор нейрона с наиболее похожим вектором коэффициентов), кооперация (изменение весовых векторов для выбранного на предыдущем шаге нейрона и его соседей) и адаптация (изменение всех весов в сети).

Самоорганизующаяся сеть Кохонена может быть подходящим решением для сравнения векторов мел-кепстральных коэффициентов.

**Пятый раздел «Библиотеки для разработки»** посвящён обзору популярных библиотек, которые облегчают разработку нейронных сетей. Рассмотрены следующие библиотеки: Caffe, TensorFlow, Theano, Keras, PyBrain.

**Шестой раздел «Разработка и сравнение методов идентификации человека по голосу»** посвящён реализации метода мел-кепстральных коэффициентов, для выделения признаков голосовых отпечатков, реализации программы для сравнения полученных векторов признаков голосовых отпечатков без использования нейронных сетей, а также разработке двух вариантов нейронных сетей (самоорганизующаяся сеть Кохонена и сеть прямого распространения) для сравнения этих векторов. Представлены алгоритмы обучения этих нейронных сетей. В данном разделе также описаны

реализованные вспомогательные сервисы для генерации тренировочных наборов данных, на которых обучались нейронные сети.

Также в данном разделе проведено тестирование каждого из трех реализованных методов и проведён анализ полученных результатов.

Наилучшие результаты показала сеть прямого распространения. Процент ошибок при её использовании меньше и процесс обучения достаточно быстрый. Однако все реализованные подходы имеют право на существование.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с высокой актуальностью проблемы контроля доступа человека к данным в последнее время, системы идентификации, основанные на биометрических признаках становятся всё более и более популярными. Этому так же способствует и развитие технических и программных средств. Идентификация человека по его голосу является хорошим вариантом для организации системы контроля доступа. Этот вариант не требует каких-то сложных и дорогостоящих устройств проверки, а так же весьма удобен, т.к. не требует непосредственного контакта человека и устройства проверки, и не нуждается в дополнительных «ключах» со стороны проверяемого человека. Так же данный способ весьма надёжен, т.к. голос диктора уникален ввиду специфики физиологического строения его артикулярного аппарата и специфики речи.

На сегодняшний день наиболее успешными системами распознавания голоса являются системы, использующие знания об устройстве слухового аппарата. Метод мел-кепстральных частотных коэффициентов (MFCC) позволяет осуществить необходимый переход от простого звукового сигнала к мел-кепстральным коэффициентам, которые и являются основной характеристикой говорившего. Получив эти коэффициенты из записи можно приступить к их анализу и сравнению с эталонной записью.

Нейронные сети - одно из важнейших направлений в IT сфере. Они имеют очень широкую область применения, и позволяют решать задачи, выполнение которых, без использования нейронных сетей, крайне затруднительно. Применение нейронным сетям находится в самых различных сферах от компьютерных игр, до экономики, робототехники и медицины. В задаче построения системы идентификации человека по голосу, нейронные сети могут пригодиться на этапе сравнения голосовых отпечатков, существенно упростить и ускорить этот процесс.

В данной работе были рассмотрены популярные варианты биометрических признаков человека, которые могут использоваться для его

идентификации. Рассмотрены алгоритмы, которые используются для идентификации человека по его голосу, а так же подробно разобран метод мел-кепстральных частотных коэффициентов. Была разработана программа без использования нейронных сетей, которая с помощью MFCC метода определяет набор характеристик говорящего, производит сравнение с эталонным образцом и выдаёт информацию, будет ли говоривший допущен к данным. Затем к имеющейся программе было добавлено использование нейронных сетей для сравнения голосовых отпечатков.

К плюсам использования нейронных сетей в данном процессе можно отнести:

1. Возможность проведения сравнения голосовых отпечатков без человеческого вмешательства;
2. Возрастает точность отнесения тестируемого голосового отпечатка к какому-либо классу, за счёт сравнения не с одним эталонным отпечатком, а с огромным набором отпечатков, сгенерированных в качестве тренировочных данных. Уменьшается количество ошибок первого и второго рода;
3. Возможность обучения нейронной сети как с учителем, так и без, в зависимости от имеющихся данных.

Однако есть и минусы использования данного подхода, к ним можно отнести то, что для обучения нейронной сети требуется большое количество тренировочных данных, генерация которых занимает много времени, а также необходимость переучивать (дообучать) нейронную сеть при добавлении нового типа голосового отпечатка (например для ещё одного пользователя).

Были выполнены все поставленные в начале задачи и получен рабочий вариант программы, позволяющий идентифицировать человека по его голосу.

### **Основные источники информации:**

1. П.А. Меньшаков, И.А. Мурашко, «Методика голосовой идентификации на основе нейронных сетей» [Электронный ресурс]. – URL: <https://cutt.ly/reaEPye> (дата обращения 11.07.2019)
2. О.А. Вишнякова, Д.Н. Лавров, «Подходы к задаче идентификации диктора». [Электронный ресурс]. – URL: <https://cutt.ly/MeaES0u> (дата обращения 14.07.2019)
3. Иванов В.И., Тимофеев М.В., Гончаров С.М., «ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГОЛОСА ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ МЕЛ-ЧАСТОТНЫХ КЕПСТРАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ» [Электронный ресурс]. – URL: <https://nauchforum.ru/studconf/tech/xlv/21772> (дата обращения 04.08.2019)
4. Е.А. Чернецова, А.Д. Шишкин, «АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПО ГОЛОСУ ДЛЯ САНКЦИОНИРОВАНИЯ ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИИ» [Электронный ресурс]. – URL: <https://cutt.ly/ueaEJx8> (дата обращения 15.07.2019)
5. Xuedong Huang, Alex Acero, Hsiao-Wuen Hon, Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm, and System Development, Prentice Hall, 2001, ISBN:0130226165
6. «Применение нейронных сетей для задач классификации». [Электронный ресурс]. – URL: <https://basegroup.ru/community/articles/classification> (дата обращения 15.10.18)
7. С. А. Федосин, Д. А. Ладяев, О. А. Марьина, «Анализ и сравнение методов обучения нейронных сетей». [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/analiz-i-sravnenie-metodov-obucheniya-neyronnyh-setey> (дата обращения 21.11.18)