

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА СЛОВЕСНОЙ РАЗБОРЧИВОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

М.В. Волколуп, Д.С. Салита

Алтайский государственный университет, г. Барнаул

В связи с развитием информационных технологий, защита информации является одним из важнейших направлений деятельности организаций. Одной из наиболее актуальных проблем в информационной безопасности, на сегодняшний день, является утечка информации, в том числе, по акустическому каналу связи [1]. Оценка защищённости речевой информации производится при проведении аттестации объектов информатизации, а также, контроле эффективности установленных средств и систем защиты [2]. Существует несколько десятков методов измерения разборчивости речи, в основе большинства которых, лежат исследования середины прошлого века [3]. Согласно ГОСТу измерение разборчивости осуществляется путем артикуляционных испытаний, которые связаны с набором статистики опытной артикуляционной бригады и обработкой результатов по определенной процедуре [4]. При применении инструментально-расчётного метода, основанного на результатах экспериментальных исследований, проведённых Н.Б. Покровским [5], числовое значение словесной разборчивости рассчитывается на основе измерения отношения уровней речевого сигнала и шума. В работе предложено использовать амплитудно-частотные характеристики акустического сигнала, и с помощью многомерного анализа данных [6, 7] провести оценку словесной разборчивости.

Для исследования была использована свободная речевая база дикторов проекта VoxForge.org, включающая записи речи дикторов на разных языках. Для расчёта параметров были выбраны отрезки как женской, так и мужской речи исключительно на русском языке. В таблице 1 содержится информация о подготовленных для дальнейшего исследования данных.

Расчёт амплитудно-частотных характеристик, коэффициента словесной разборчивости, применение метода главных компонент (МГК) к полученным векторам признаков и классификация образцов осуществляются с помощью разработанных подпрограмм на языке программирования Python 3, в результате работы которых, строятся соответствующие графики и таблицы рассчитанных значений.

Таблица 1. Состав речевой базы данных и шумовых помех

Количество дикторов		Количество записей на одного диктора		Количество шумов	Итоговое количество зашумленных образцов
мужчин	женщин	мужчин	женщин		
65	20	3	5	4	1180

На основе рассчитанных характеристик речевого сигнала были построены несколько векторов признаков, состоящие из: амплитудных характеристик, мел-частотных кепстральных коэффициентов (MFCC), линейно-частотных кепстральных коэффициентов (LFCC), комбинации амплитудных характеристик и кепстральных коэффициентов и комбинации кепстральных коэффициентов между собой. В состав векторов признаков, включающих кепстральные коэффициенты, входят первые 13 коэффициентов, без первого, так как первый коэффициент является значением энергии сигнала. В качестве амплитудных характеристик были рассчитаны среднеквадратичное, максимальное и среднее значение, пик фактор и фактор формы сигнала.

Расчёт значений коэффициента словесной разборчивости акустических сигналов проводится с помощью метода Н.Б. Покровского. В качестве шумовых помех в программе Audacity были сгенерированы белый, розовый шумы, записан шум оживленной проезжей части и создана речеподобная помеха, представляющая собой смесь отрывков речи различных дикторов.

Для построенных векторов признаков был проведен МГК-анализ. Значения объясненной дисперсии показали, что первые три главные компоненты (ГК) – оптимальное количество главных компонент. В результате применения МГК с вектором признаков на основе амплитудных характеристик, группы по разборчивости не выделились. Следовательно, распределение образцов для определения разборчивости речи можно считать неудачным. МГК разложение для остальных векторов признаков показало, что образцы делятся на группы. На ри. 1 и 2 изображены графики счетов первых двух главных компонент. Зеленым цветом отмечены образцы, значения коэффициента словесной разборчивости которых попадают в диапазон 0-30% (низкая разборчивость, затруднено даже установление предмета разговора), желтым – 30-70% (диапазон

средней разборчивости, возможно составление краткой справки аннотации), синим – 7-100% (диапазон высокой разборчивости речи, возможно составление подробной справки-аннотации о разговоре) [8].

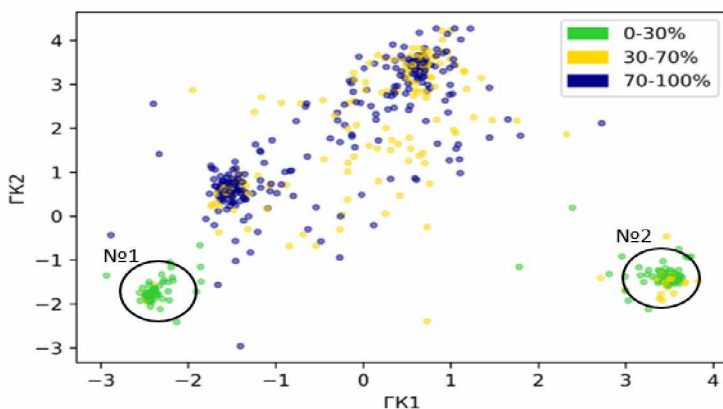


Рис. 1. График счетов ГК1-ГК2 для LFCC

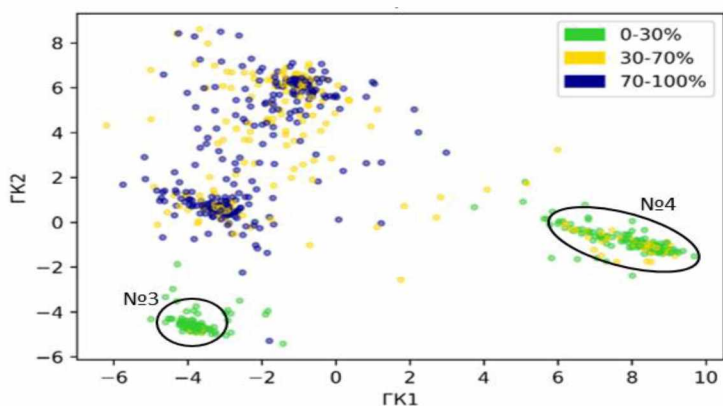


Рис. 2. График счетов ГК1-ГК2 для комбинации MFCC и LFCC.

Исходя из графика счетов, изображенного на рис. 1, видно, что образцы поделились на группы. Группы №1 и №2 содержат

образцы с преимущественно низким значением коэффициента словесной разборчивости. На графиках счетов видно, что образовались и группы с преимущественно высоким показателем коэффициента словесной разборчивости. На графике счетов, изображенного на рисунке 2 также выделяются группы с неразборчивыми образцами речи дикторов: группа №3 и группа №4. Однако в данном случае, образцы группы №4 расположены менее кучно, чем образцы в группе №2.

Таблица 2. Точность классификации для каждого вектора признаков

Вектор признаков	Амплитудные характеристики	MF CC	LF CC	Амплитудные характеристики + MFCC	Амплитудные характеристики + LFCC	MF CC + LFC C
Точность, %	85	90	93	89	90	91

Таким образом, предложенный метод оценки разборчивости речи, на основе анализа многомерных данных с точностью в среднем 90% позволяет определить диапазон разборчивости речи, в который попадает рассматриваемый образец.

Библиографический список.

1. Вовченко В.В., Степанов И.О. Проблемы защиты информации от экономического шпионажа // Защита информации. - 1994. - №1. - С. 48-64.
2. Технические средства и методы защиты информации: учебник для вузов / А.П. Зайцев, А.А. Шелупанов, Р.В. Мещеряков и др. - Москва: Машиностроение, 2009. - 508 с.
3. Рева И.Л. Сравнительный анализ объективных методов оценки разборчивости речи // Сборник научных трудов НГТУ. - Новосибирск, 2010. - №1. - С. 91-102.
4. ГОСТ Р 50840-95 Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. - Введ. 1997-01-01. Москва: ИПК Издательство стандартов, 1995. - 202 с.
5. Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи. М.: Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио, 1962. - 389 с

6. Эсбенсен К. Анализ многомерных данных. Избранные главы / Пер. с англ. С.В. Кучерявского; под ред. О.Е. Родионовой. - Черноголовка: ИПХФ РАН, 2005. - 157 с.
7. Egorov A.V., Polyakov V.V., Salita D.S., Kolubaev E.A., Psakhe S.G., Chernyavsky A.G., Vorobei I.V. Inspection of aluminum alloys by a multi-frequency eddy current method // Defence Technology. 2015. Т. 11. № 2. С. 99-103
8. Хорев А.А. Оценка возможностей средств акустической (речевой разведки) // Специальная техника. - 2009. - №4. – С.49-63.