

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Санкт-Петербургский

государственный университет

С. В. Микушев

2022 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» на диссертационную работу
Новохрестовой Дарьи Игоревны
«МЕТОДИКИ И АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ДАННЫХ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПРОИЗНОШЕНИЯ СЛОГОВ В ПРОЦЕССЕ РЕЧЕВОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики

Актуальность темы выполненной работы.

В последние годы наблюдается увеличение числа диагностируемых онкологических заболеваний органов речевого аппарата. Комбинированное лечение таких заболеваний содержит в себе, в том числе, хирургический этап, после которого возникает необходимость в речевой реабилитации пациентов, что приводит к увеличению нагрузки медицинского персонала, работающего в медицинских учреждениях. Существующий подход на основе экспертных оценок речи пациентов требует существенных временных затрат и человеческих ресурсов. Методы оценки речи и используемые алгоритмы напрямую не могут быть перенесены на решение задачи, направленной на оценку изменения речи пациентов после хирургического вмешательства на

артикуляционные органы.

Разработка алгоритма и создание методики автоматизированной количественной оценки качества произносимой речи, позволяющие минимизировать участие логопеда в речевой реабилитации пациента и использовать индивидуальный подход к каждому пациенту, являются актуальной задачей. Решению данной задачи посвящена диссертационная работа. Целями исследования является повышение эффективности процесса речевой реабилитации за счет автоматизации и сокращения времени оценки качества речи пациента, что обеспечивает повышение объективности и обоснованности получаемых оценок и подтверждает актуальность темы диссертационного исследования Новохрестовой Д.И.

Структура и содержание диссертационной работы, соответствие паспорту специальности.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, восьми приложений. Работа изложена на 171 странице, содержит 23 таблицы, 50 рисунков. Список цитируемой литературы включает 211 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы его цель и задачи, предмет и объект исследования, отражены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приведены основные положения, выносимые на защиту, содержится информация об апробации и внедрении результатов диссертационного исследования.

Первая глава посвящена обзору современного состояния проблемной области. Приведены подходы, алгоритмы и методы оценки качества речи, применяемые в различных сферах деятельности. Рассмотрены способы автоматизированной оценки качества речи, отражены их недостатки в рамках решения поставленной научно-практической задачи. Рассмотрен способ оценки произношения слогов, который использовался ранее в качестве основы для проведения оценки речи в процессе речевой реабилитации, выделены его недостатки. Описаны требования к разрабатываемым алгоритму и методикам.

Во второй главе приведен анализ базы данных аудиозаписей пациентов, прошедших лечение онкологических заболеваний языка и речевую реабилитацию. Выделены основные проблемные фонемы, на основе которых, с учетом корректировки на практическое применение, составлен список слогов для записи в процессе реабилитации. Приведен визуальный анализ спектрограмм аудиозаписей произношения слогов с

проблемными фонемами.

В третьей главе предложены алгоритм нахождения количественного значения схожести двух речевых сигналов и методика оценки схожести звуковых сигналов. Предложенный алгоритм основан на использовании подхода к нормализации речевых сигналов к единой длине и гибридной меры оценки. Гибридная мера представляет собой расчет нескольких метрик различия и применение нечеткого классификатора для их комбинации в итоговую оценку. Предложена методика оценки схожести звуковых сигналов с использованием нескольких опорных сигналов, оценки по методике находятся в заранее известном интервале значений (от 0 до 1). Предложенная методика предполагает использование опорных сигналов от того же диктора, для которого производится оценка, что позволяет учитывать индивидуальные особенности речи диктора. Приведена практическая реализация методики для использования речевой реабилитации.

Четвертая глава посвящена методике речевой реабилитации. При ее прохождении применяется оценка качества речи, основанная на использовании количественных оценок, получаемых по предложенным в третьей главе алгоритму и методике. Описаны адаптация методики голосовой реабилитации для ее применения в речевой реабилитации и процесс оценки качества речи пациента при реабилитации. Реабилитация использует эту оценку при реализации принципа биологической обратной связи в рамках сеанса оценки речи. Приведены алгоритмы формирования кратковременных и долговременных подкрепляющих стимулов. Отражено сокращение времени проведения оценки речи, что привело к повышению эффективности процесса речевой реабилитации и повышению его объективности по сравнению с ранее используемой методикой.

В пятой главе описана реализация предложенных алгоритма и методик в программном комплексе по оценке качества речи. Приведены результаты тестирования работы программного комплекса на здоровых дикторах и результаты внедрения комплекса в деятельность медицинского учреждения ФГБНУ «Томский НИМЦ РАН» «Научно-исследовательский институт онкологии».

В заключении приведены основные результаты и выводы по проделанной работе.

Автореферат диссертации в полной мере отражает ключевые результаты, полученные в рамках исследования. Стиль изложения работы соответствует требованиям к научным работам.

Работа и полученные в ней результаты соответствуют паспорту специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики по

пунктам паспорта специальности:

П. 5 – Разработка и исследование моделей и алгоритмов анализа данных, обнаружения закономерностей в данных и их извлечения; разработка и исследование методов и алгоритмов анализа текста, устной речи и изображений;

П. 13 – Применение бионических принципов, методов и моделей в информационных технологиях.

Новизна исследования и полученных результатов и выводов.

Результаты диссертационного исследования являются новыми и могут быть классифицированы как изложение научно-обоснованных решений, внедрение которых внесет вклад в развитие медицинских и информационных технологий Российской Федерации, в частности, в применение персонализированного подхода к реабилитации пациентов с социально значимыми заболеваниями.

Наиболее важные результаты диссертационной работы, обладающие признаками научной новизны:

1. Предложен алгоритм нахождения количественной оценки схожести двух речевых сигналов, отличающийся гибридной мерой совпадения, основанной на комбинации метрик DTW-расстояния, коэффициента корреляции и расстояния Минковского.

2. Предложена методика оценки схожести речевых сигналов до и после оперативного вмешательства, отличающаяся применением нескольких опорных речевых сигналов.

3. Адаптирована методика голосовой реабилитации пациентов с использованием бионического принципа биологической обратной связи, отличающаяся новой гибридной мерой для оценки схожести речевых сигналов.

Значимость для науки и практики полученных результатов.

Результаты диссертационной работы Д.И. Новохрестовой используются в учебном процессе и научно-исследовательской деятельности студентов Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Значимость полученных результатов заключается в следующем:

1. Предложен подход к количественной оценке схожести двух речевых сигналов различной длины с использованием гибридной меры. Оценки, получаемые по предложенному алгоритму, совпадают с оценками по ранее применяемой методике на 83%.

2. Разработана гибридная мера, основанная на комбинации трех метрик: DTW-расстояние, коэффициент корреляции, расстояние Минковского; в качестве механизма комбинирования использован нечеткий классификатор на основе генетического алгоритма.

3. Разработана методика оценки схожести речевых сигналов с использованием нескольких опорных речевых сигналов. Методика позволяет учитывать вариативность произношения фонетических единиц и индивидуальные особенности произношения диктора.

4. Разработана и внедрена методика речевой реабилитации пациентов после хирургической операции на органах речевого аппарата, в рамках которой осуществляется оценка качества речи. Методика включает использование бионического принципа биологической обратной связи при проведении сеанса оценки произношения слогов. Внедрение методики позволило сократить время оценки качества речи более чем на 64%, время проведения полного сеанса реабилитации на 55%.

Конкретные рекомендации по использованию результатов диссертационной работы.

Разработанные методики и алгоритм для оценки качества речи (оценка качества произношения слогов) могут быть рекомендованы медицинским учреждениям, осуществляющим лечение онкологических заболеваний органов полости рта и гортани, и проводящим речевую реабилитацию после хирургического лечения.

Высшим учебным заведениям, осуществляющим исследовательскую деятельность в сфере анализа речевых сигналов, может быть рекомендовано использование предложенной методики и алгоритма, в качестве одного из подходов к оценке речи, в рамках изучения методов анализа данных, методов оптимизации и методов теории сигналов и систем.

В качестве возможного продолжения и развития исследований, выполненных в диссертации, рекомендуется расширение предложенного автором подхода к оценке качества речи для использования в речевой реабилитации при других заболеваниях органов речевого тракта.

Достоверность результатов диссертации.

Достоверность полученных результатов обоснована четкой постановкой цели исследования и задач, направленных на ее решение. Цель диссертационного исследования и задачи исследования изложены

корректно, являются значимыми с теоретической и практической точки зрения. Достоверность полученных в работе результатов обеспечивается строгостью применения методов моделирования, системного анализа, цифровой обработки сигналов и математической статистики, и подтверждается непротиворечивостью получаемых результатов по сравнению с ранее используемой методикой. Результаты исследования имеют практическую направленность и внедрены в практику.

Публикации, апробация работы и личное участие автора в получении результатов диссертации.

По теме диссертации опубликовано 33 работы, из которых 4 работы в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации, 14 работ, индексируемых Scopus.

Результаты работы доложены и обсуждены на всероссийских и международных конференциях:

International Conference on Speech and Computer, SPECOM (2016, 2017, 2018, 2019, 2021); X Международной IEEE научно-технической конференции «Динамика систем, механизмов и машин» (Омск, Россия, 2016г.); II Конгрессе «Здравоохранение России. Технологии опережающего развития» КОНГРЕСС ЗДРАВ 2016 (Томск, 2016г.); III Всероссийском конкурсе студенческих научных обществ и конструкторских бюро, секция «Биомедицина, медицинская физика», (Алтайский государственный университет, Барнаул, 2017); Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР» (ТУСУР, Томск, 2019, 2021, 2022); Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления» (ТУСУР, Томск, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021); на заседаниях кафедры Комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем ТУСУР и IEEE семинарах «Интеллектуальные системы моделирования, проектирования и управления» в г. Томске.

Результаты диссертационной работы внедрены в ФГБНУ «Томский НИМЦ РАН» «Научно-исследовательский институт онкологии» в процесс речевой реабилитации пациентов после хирургического этапа комбинированного лечения онкологических заболеваний органов полости рта и ротоглотки. Также результаты работы внедрены в учебный процесс Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

Основные выносимые на защиту научные результаты получены

лично автором. Часть опубликованных работ написана в соавторстве с сотрудниками научных групп и научным руководителем. Автором совместно с сотрудниками ФГБНУ «Томский НИМЦ РАН» «Научно-исследовательский институт онкологии» проведены внедрение и апробация результатов работы. Разработанные алгоритм и методики были реализованы в виде программного комплекса лично автором. Постановка изложенных в диссертации задач осуществлялась совместно научным руководителем д.т.н., профессором И.А. Ходашинским и консультантом к.т.н, доцентом Е.Ю. Костюченко.

Связь с планами научных исследований.

Диссертационная работа Д.И. Новохрестовой выполнялась в соответствии с темами научных исследований, выполнявшихся в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники, в частности, научного проекта № 20–37–90082 «Модель и алгоритмы анализа данных при оценке качества произнесения слогов в процессе речевой реабилитации», РФФИ, № 16–15–00038 «Восстановление речевой функции с использованием технических методов и математического моделирования у больных раком полости рта и ротоглотки после хирургического лечения», РФФИ, № FEWM-2020-0042, АААА-А20-12011190016-9, государственное задание Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, некоторые результаты автора использовались в учебном процессе в указанном университете.

Замечания по работе.

1. Раздел диссертации 2 (соответствующий обзору литературы) – в подразделах 1.2, 1.3 – идет не описание методик, а упоминание работ, в которых они опубликованы. Отсутствует непосредственное описание методов с их критическим анализом и сферой применения. (часто встречающиеся фразы: Обзоры рассчитываемых мер искажения можно найти в [8 – 12]; Самым часто встречающимся и используемым методов является Perceptual Evaluation of Speech Quality (PESQ). Он определен в рекомендации МСЭ-Т Р.862 [13-15] –какое либо описание отсутствует); Подраздел 1.4 – по сравнению с подразделами 1.1-1.3 грешит чрезмерной детализацией.

2. Из описания работы следует, что различия в нормативном и искаженном произношении фонем были определены на основе визуального анализа спектрограмм, и эти данные легли в дальнейшем в

основу разработки метода анализа и сравнения. Считаю такой подход недостоверным – сравнение следовало провести на основании инструментального анализа речи.

3. Отсутствует описание, каким образом диктор женского пола имитировал искажение фонем, присущих пациенту после операции по удалению части языка.

4. В работе отсутствует информация, как минимум, об объеме операций, возрасте пациентов, условиях записи и записывающей аппаратуре.

Замечания технического характера:

1. Список литературных источников оформлен не по правилам. Последовательность источников представлена по мере их цитирования, а не в алфавитном порядке.
2. Работа содержит много грамматических несогласованностей и опечаток.
3. В работе используется английская терминология без перевода на русский язык, часть английской аббревиатуры не расшифрована.

Заключение.

Диссертационное исследование Новохрестовой Дарьи Игоревны является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научно-практическая задача, имеющая важное хозяйственное значение. Полученные результаты вносят определенный вклад в развитие технологий анализа речи, и технологий персонализированного подхода в медицине.

Диссертация соответствует требованиям, п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 г. № 335; от 02.08.2016 г. № 748; от 01.10.2018 г. № 1168), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Новохрестова Дарья Игоревна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

Отзыв подготовлен доктором биологических наук, профессором кафедры высшей нервной деятельности и психофизиологии СПбГУ Е.Е. Ляксо.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры высшей нервной деятельности и психофизиологии Биологического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, протокол № 2 от 24.06.2022 г.

Заведующий кафедрой высшей нервной деятельности и психофизиологии СПбГУ, профессор, доктор биологических наук Александров Александр Алексеевич _____

Профессор кафедры высшей нервной деятельности и психофизиологии СПбГУ, профессор, доктор биологических наук Ляко Елена Евгеньевна _____

Подписи заверяю:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»
Адрес: 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7-9.
Телефон (812) 328-97-01
E-mail: spbu@spbu.ru

Личные подписи

Место с.с. и
ЗАВЕРЯЮ Александрова
а.а.



ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ СПбГУ
Н. К. КОРЕЛЬСКАЯ

24.06.22