

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора

Иващенко Антона Владимировича

на диссертацию Тычковой Анны Николаевны

«Методическое и программное обеспечение анализа речевых сигналов лиц с умственной отсталостью», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки)

1. Актуальность темы

Умственная отсталость – группа состояний, обусловленных врожденным или рано приобретенным недоразвитием психики с выраженной недостаточностью интеллекта. По данным Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, почти 600 тысяч человек имеют умственную отсталость, среди которых основную категорию составляют дети и подростки. Согласно Стратегии развития производства промышленной продукции реабилитационной направленности до 2025 и в продлении до 2030 года одной из ключевых задач является развитие и унификация технологий объективной оценки реабилитационного эффекта.

Учитывая многообразие клинических проявлений и особенности поведения лиц с умственной отсталостью в условиях их свободной двигательной активности, необходима разработка комплексного подхода для их диагностики и реабилитации с учетом информации, полученной посредством различных психологических и психических методов, а также по результатам инструментальной оценки степени тяжести или промежуточных результатов процесса реабилитации.

Мониторинг характеристик умственной отсталости по речи является наиболее доступным, простым и оперативным методом, так как результаты исследования оцениваются в реальном времени. Однако недостаточная изученность и необходимость поиска новых вспомогательных индикаторов оценки процесса реабилитации для улучшения качества жизни лиц с умственной отсталостью обуславливает актуальность и значимость исследования.

Проблемой, решаемой в диссертационной работе, является отсутствие специализированного методического и программного обеспечения для обработки и анализа речевых сигналов с целью обнаружения их значимых параметров у лиц с умственной отсталостью в период проведения реабилитационных мероприятий.

Диссертационное исследование Тычковой А.Н. направлено на обнаружение и систематизацию по значимости информативных параметров речевых сигналов, зарегистрированных до и после аудио- и визуального стимулирования в ходе реабилитационных мероприятий у лиц с умственной отсталостью.

2. Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, выводов, библиографического списка из 212 наименований и 4 приложений. Общий объем работы – 151 страница, включая 28 рисунков и 15 таблиц.

Во введении показана актуальность работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, научная новизна и практическая ценность работы, приведены основные положения, выносимые на защиту. Представлены сведения об апробации и внедрении результатов.

Материалы, изложенные в диссертации, позволяют сформировать достаточно полное представление о проведенных исследованиях и полученных результатах.

В первой главе рассмотрены проблематика диагностики и реабилитации лиц с умственной отсталостью и ее клинические проявления. Проведен анализ известных методик и инструментальных средств диагностики умственной отсталости. Автором отмечается, что уровень развития способов и средств, методов и программ обработки и анализа речевых сигналов достиг высокого уровня. Создается специализированное оборудование для обработки речевых сигналов, разрабатываются различные методы машинного обучения и искусственного интеллекта для распознавания и синтеза речи, библиотеки и фреймворки для обработки и анализа речи. Однако автор также отмечается, что для решения задач анализа речевых сигналов лиц с умственной отсталостью до сих пор отсутствуют технические решения, направленные на повышение оценки результативности процесса проведения реабилитационных мероприятий. Сформулированы основные задачи исследования. Выявлена необходимость совершенствования и разработки алгоритмов, программ и систем регистрации, обработки и сравнительного анализа речевых сигналов лиц с умственной отсталостью для совершенствования технологий и средств оценки проведения реабилитационных мероприятий.

Во второй главе автором разработан дизайн и структура исследования, включающие в себя два основных этапа:

- 1) регистрация и обработка речевых сигналов:
 - у 120 лиц с умственной отсталостью до и после проведения реабилитационных мероприятий (экспериментальная группа);
 - у 80 лиц с умственной отсталостью в отсутствии реабилитационных мероприятий (первая контрольная группа);
 - у 40 лиц с нормотипичным развитием (вторая контрольная группа);
- 2) сравнительный анализ речевых сигналов различных групп пациентов и обнаружение значимых параметров.

В работе отмечается, что в качестве реабилитационных мероприятий у лиц с умственной отсталостью использовано аудио- и визуальное стимулирование, как наиболее распространенное и доступное средство воздействия на центральную нервную, зрительную и слуховую системы, участвующие в обработке сенсорной информации. Обоснованы принципы формирования экспериментальной и контрольных группы лиц с умственной отсталостью. Прове-

ден обзор и анализ известных баз речевых сигналов лиц, зарегистрированных у лиц до 18 лет. Предложена информационная система хранения и представления записей речевых сигналов лиц с умственной отсталостью, зарегистрированных до и после аудио- и визуального стимулирования в условиях свободной двигательной активности, предназначенная для исследования алгоритмов и программ обработки и анализа речевых сигналов на предмет обнаружения значимых параметров и принятия врачебного решения.

Разработана методика анализа речевых сигналов лиц с умственной отсталостью, обеспечивающая предварительную обработку, выявление информативных участков, определение информативных параметров, обнаружение значимых параметров и систематизацию их по значимости для использования в информационной системе хранения и представления, а также в информационно-измерительной системе совместно с микрофоном, диктофоном и персональным компьютером в качестве дополнительных средств оценки проведения реабилитационных мероприятий в системе поддержки принятия врачебных решений. Проведен обзор и обоснован выбор методов и программ определения информативных параметров речевых сигналов.

В третьей главе представлены алгоритмы обработки и сравнительного анализа речевых сигналов у лиц с умственной отсталостью. Разработка алгоритмов проводилась в среде математического моделирования *Matlab*. В главе приведены расчеты параметров характеристик речевых сигналов, таких как темп, ритм, интонация и голос. На основе известных и модифицированных параметров анализа речевых сигналов были выполнены расчеты их значений для лиц с умственной отсталостью до и после аудио- и визуального стимулирования, а также для групп без стимулирования и лиц с нормотипичным развитием.

В четвертой главе представлены результаты исследования разработанных алгоритмов. В процессе вычисления информативных параметров речевых сигналов у основной и контрольных групп испытуемых были сформированы диапазоны значений, включая межквартильный размах (минимальные и максимальные значения) и среднее значение. Выявлено, что только семь параметров подтвердили свою значимость в основной группе. Остальные параметры, исходя из расчетов процентного отношения среднего значения плотности распределения после реабилитации к значению до реабилитации, могут быть отнесены к категории слабо значимых или незначимых. Для практического представления результатов исследования была разработана структура информационно-измерительной системы, состоящая из модулей локальных речевых баз и систематизированных информативных параметров, а также модулей программ обработки и представления результатов обнаружения значимых параметров в сравнении с данными речевых сигналов лиц с нормотипичным развитием.

Совокупность представленных в диссертационной работе результатов:

– методика и информационно-измерительная система позволят создать предпосылки для практического внедрения в системы поддержки принятия

врачебных решений на этапе оценки проведения реабилитационных мероприятий, в частности аудио- и визуального стимулирования, лиц с умственной отсталостью для задач персонализированной медицины;

– алгоритмы и программы обработки и сравнительного анализа речевых сигналов могут найти широкое применение в системах биометрической идентификации личности; для оценки психоэмоционального состояния человека в условиях реальных или смоделированных (на примере виртуальной реальности) стрессовых ситуаций; для практического использования логопедами или неврологами с целью диагностики заболеваний, связанных с различными нарушениями речи у лиц различного возраста.

3. Научная новизна исследований и полученных результатов

1. Создана информационная система хранения и представления данных, отличающаяся наличием:

– записей речевых сигналов лиц с умственной отсталостью, зарегистрированных у лиц основной и контрольных группы, в условиях свободной двигательной активности;

– систематизированных информативных параметров речевых сигналов по их значимости в сравнении с данными речевых сигналов лиц нормотипичного развития.

2. Предложена методика анализа речевых сигналов лиц с умственной отсталостью, отличающаяся этапами предварительной обработки, обнаружения информативных параметров речевых сигналов и систематизации их по значимости.

3. Разработаны:

– алгоритм предварительной обработки речевых сигналов, отличающийся наличием этапа коррекции естественных искажений спектра;

– алгоритм сегментации на информативные участки речевых сигналов, отличающийся наличием этапа адаптивной пороговой обработки;

– алгоритм вычисления частотных, временных и амплитудных параметров речевых сигналов, отличающийся наличием этапа обнаружения их значимости.

4. Предложена структура информационно-измерительной системы для использования в системе поддержки принятия врачебных решений на этапе оценки проведения реабилитационных мероприятий у лиц с умственной отсталостью, отличающаяся наличием локальной речевой базы сигналов, программ обработки и представления результатов обнаружения значимых параметров речевых сигналов в сравнении с данными лиц нормотипичного развития.

4. Достоверность результатов исследования

Основные результаты, приведенные в диссертации, получены автором посредством использования методов частотно-временной обработки речевых сигналов, программирование в среде математического моделирования *Matlab* и статистический анализ в среде программирования *RStudio*.

Достоверность полученных результатов обусловлена полученными теоретическими и практическими результатами. Все теоретические и практические результаты, основанные на разработанных средствах анализа информативных параметров речевых сигналов для систем поддержки принятия врачебных решений, выполнены непосредственно автором или в соавторстве с научным руководителем. Автору принадлежат содержащиеся в диссертационной работе результаты исследования методики анализа речевых сигналов лиц с умственной отсталостью, в том числе в условиях применения средств аудио- и визуального стимулирования; результаты обнаружения значимых параметров речевых сигналов у лиц с умственной отсталостью; структурная реализация системы регистрации, хранения и обработки речевых сигналов лиц с умственной отсталостью, в том числе для возможного использования в системах поддержки принятия врачебных решений.

Результаты диссертационного исследования использованы и внедрены в виде:

- цифровой базы размеченных потоковых данных речевых сигналов лиц с умственной отсталостью для практического использования неврологами и психиатрами ООО «Лечебно-диагностический центр «Губернский доктор», г. Заречный;
- программ цифровой обработки речевых сигналов для использования в системе управления интеллектуальной платформой реабилитации пациентов ООО «Центр экспозиционной медицины», г. Пенза;
- в виде программно-аппаратных средств и алгоритмов цифровой обработки и анализа речевых сигналов для практического использования Нижегородским областным центром реабилитации инвалидов по зрению «Камерата», г. Нижний Новгород;
- методики оценки комплексной реабилитации лиц с умственной отсталостью для применения специалистами (психологами, неврологами, логопедами) с целью улучшения качества жизни МБОУ СОШ № 30, г. Пенза;
- теоретических и практических результатов при подготовке студентов технических специальностей Пензенского государственного университета по направлениям 12.03.01, 12.04.01 «Приборостроение», 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», 30.05.03 «Медицинская кибернетика»; магистрантов, аспирантов и научных работников.

Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 18 печатных трудах, из них:

- 4 статьи – в журналах ВАК РФ;
- 5 статей – в журналах и материалах конференций (из них 2 единолично);
- 4 статьи – в индексируемых базах данных Scopus и Web of Science;
- 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных.

Результаты исследований и разработок отражены в двух НИОКР, поддержанных Российским научным фондом и в рамках Государственного

задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Количество публикаций в изданиях ВАК является достаточным. Автореферат полноценно отражает содержание диссертационной работы.

5. Замечания по автореферату и диссертационной работе в целом

1. В главе 1 упоминаются авторы, внёсшие существенный вклад в развитие фундаментальных основ обработки и анализа речевых сигналов. Однако область практического применения речевых сигналов в специфичных сферах рассмотрена лишь поверхностно. В частности прикладные разработки в области цифровой обработки речи для сфер, отличных от клинического использования, представлены не в полном объеме.

2. Автором разработана информационная система хранения и представления записей и информативных параметров речевых сигналов. Однако в качестве результата в главе 2, приведена только база данных этих сигналов. Вероятно, следовало шире развернуть понятие информационная система и представить техническое решение задачи хранения и представления.

3. В главе 3 диссертационного исследования недостаточно полно описаны результаты анализа частотных и временных методов анализа речевых сигналов.

4. В главе 4 не представлены результаты исследования разработанных алгоритмов на испытуемых, разделенных по половому признаку. Неясно, будут ли результаты исследований значительно различаться в зависимости от гендерного признака для категории лиц в возрасте от 8 до 15 лет с умственной отсталостью.

5. В главе 4 не в полной мере раскрыто графическое представление скрипичной диаграммы. Не до конца ясно, каким образом формируется диаграмма, и какие выводы, вследствие ее интерпретации, следуют? Почему выбор пал именно на такое визуальное представление?

6. В нескольких публикациях автора встречаются работы с использованием понятия виртуальной реальности. Однако в диссертационной работе и в автореферате лишь вскользь упоминается данный аспект. Не до конца ясно, имеют ли место разработанные алгоритмы, программы и система для исследования лиц с умственной отсталостью с использованием технологий и устройств виртуальной реальности.

7. В тексте диссертационной работы встречаются орфографические ошибки и неточности в формулах. Блок-схемы алгоритмов представлены не в соответствии с ГОСТ.

Приведенные замечания не меняют общего положительного мнения о диссертации и не снижают научную и практическую значимость результатов исследования. Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК, предъявляемыми к кандидатским диссертациям.

6. Заключение по работе

Диссертация Тычковой А.Н. является законченной научно-квалификационной работой, которая содержит новые и усовершенствованные результаты исследования актуальных задач в области обработки речевых сигналов и обнаружения их значимых параметров у лиц с умственной отсталостью в период проведения реабилитационных мероприятий.

Диссертационная работа «Методическое и программное обеспечение анализа речевых сигналов лиц с умственной отсталостью» отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, соответствует пп. 9 – 14 действующего Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842. Соискатель, Тычкова Анна Николаевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки).

Официальный оппонент

Доктор технических наук по специальности 05.13.10 - Управление в социальных и экономических системах, профессор, директор Передовой медицинской инженерной школы ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

22.11.24

А.В. Иващенко

Подпись Иващенко А.В. заверяю:

Начальник отдела кадров по персоналу подразделений управления, учебного процесса и науки ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России



Ю.Д. Абакумова

Адрес организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 443099, Российская Федерация, г. Самара, ул. Чапаевская, 89, телефон: +7 (846) 374-10-03, e-mail: info@samsmu.ru