

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Гольдштейна Сергея Людвиговича на диссертационную работу Жданова Алексея Евгеньевича на тему «Разработка и исследование алгоритмов анализа сигналов электроретинограмм для поддержки принятия решения врачом», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

1. Актуальность темы исследования

Проблема сохранения зрительных функций - высокоактуальна на мировом уровне. По оценкам Всемирной организации здравоохранения около 1,3 миллиарда людей сталкиваются с различными нарушениями рефракции. С увеличением численности и старения населения риск развития заболеваний зрительной системы увеличивается. За последние 10 лет статистика заболеваемости свидетельствует о том, что болезни, ассоциированные с нарушениями сосудистых структур сетчатки, часто приводят к ухудшению зрения и слепоте у лиц старше 50–55 лет. В настоящее время электроретинография - один из наиболее информативных методов диагностики гетерогенных заболеваний, связанных с изменениями сосудистых структур сетчатки. Этот метод представляет собой электрофизиологическое тестирование, где регистрируется электрический ответ сетчатки на короткие импульсы света или изменения яркости (паттерны).

Отсюда следует, что диссертационная работа А.Е. Жданова, посвящённая исследованию алгоритмов анализа сигналов электроретинограмм для поддержки принятия решения врачом, выполнена на актуальную тему.

2. Научная новизна полученных результатов

В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

- уникальный набор данных о сигналах электроретинограмм и нормы для их оценки;
- новый алгоритм извлечения параметров из сигналов электроретинограмм, дополняющий 4 традиционных;
- алгоритмы принятия решений для эффективной классификации сигналов у пациентов, обеспечивающие повышение эффективности работы офтальмологов.

Результаты анализа содержания диссертационной работы и публикаций автора подтверждают обоснованность научной новизны представленных положений.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных результатов, научных положений и выводов, изложенных в работе, подтверждается использованием известных математических методов, адекватной постановкой цели и задач исследования, а также их согласованностью

с результатами, полученными другими авторами. Диссертант изучил и проанализировал известные достижения, оценил состояние предметной области, сравнил достоинства и недостатки существующих методов. Список использованных источников состоит из 154 наименований. Корректность разработанных автором алгоритмов анализа сигналов электроретинограмм для поддержки принятия решения врачом подтверждается использованием современных методов и средств при разработке и тестировании алгоритма с использованием метода k-fold кросс-валидации и функции StratifiedKFold для обеспечения сбалансированных пропорций классов. Также получены метрики классификации для сравнительного анализа различных алгоритмов. Алгоритм анализа сигналов электроретинограмм для поддержки принятия решения врачом, включает в себя процедуру извлечения информативных параметров из сигналов электроретинограмм, в результате чего сформированы 52 дополнительных параметра.

На разработанные алгоритмы анализа сигналов электроретинограмм для поддержки принятия решения врачом автором работы получено 3 свидетельства о государственной регистрации программы/базы данных для ЭВМ.

4. Практическая значимость результатов диссертации

Практическая значимость подтверждена внедрениями в Екатеринбургском центре МНТК «Микрохирургия глаза» и в Акционерном обществе «Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод имени Э.С. Яламова».

5. Оценка содержания диссертации и её оформления

Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, заключения и 4-х приложений. Полный объём - 193 страницы, включая 42 рисунка и 20 таблиц. Список литературы содержит 154 наименования.

В **первой главе** оценено состояние исследований в области анализа сигналов электроретинограмм, выявлено превосходство частотных и частотно-временных методов над классическим анализом во временной области. Параметрическая спектральная оценка не широко распространены. Учитывая сложные характеристики сигналов, нелинейные методы подходят для анализа и дифференциации характеристик слоев сетчатки. Из-за их разнообразия и различий в функциях клеток использование единого метода извлечения параметров недостаточно. Также отмечено, что электрофизиологическое оборудование позволяет проводить только полуавтоматический анализ сигналов электроретинограмм. Сформулированы цель и задачи исследования.

Во **второй главе** описана система извлечения данных при диагностических исследованиях с использованием компьютеризированных систем. Представлена работа электроретинографа EP-1000 в области диагностики зрения, включая объяснение функционала программного обеспечения, способность записи данных о пациентах и

результатах исследований в единую базу данных. Рассмотрены принципы визуализации сигналов электроретинограмм, структура базы данных и интерфейсы для редактирования и просмотра результатов. Выделены ограничения интерфейсов для извлечения данных. Проведено описание извлеченного набора данных, включающего 6 видов сигналов электроретинограмм для педиатрических и взрослых пациентов. Приведены примеры разных типов сигналов с детальным анализом характеристик. Выполнена статистическая обработка трех типов сигналов, включая медиану, среднее квадратичное отклонение, 5-й и 95-й процентиля, а также диаграммы размаха. Показаны значимые возрастные особенности и определены нормативные значения.

В **третьей главе** описана процедура формирования вейвлет-скалограмм с использованием библиотеки PyWT и функции `cwt` с выбором вейвлета Гаусса 8-го порядка. Применены амплитудно-временное и частотно-временное представления сигнала электроретинограммы. Для посегментного анализа применены 52 дополнительных параметра, сформированных на основе вейвлет-скалограммы. Проведен сравнительный анализ параметров, выявлены наиболее значимые из них для классификации сигналов электроретинограмм. Предложенный метод позволяет оптимизировать классификацию заболеваний сетчатки с превосходством метода дерева решений.

В **четвертой главе** представлены разработанные алгоритмы анализа сигналов электроретинограмм, включая проверку высоко информативных параметров, определенных ранее. Алгоритм основан на последовательной проверке соответствия параметров нормам, определенным в предыдущих главах, и на дальнейшем анализе комплекса параметров. Приведена оценка эффективности алгоритмов с использованием метода `k-fold` кросс-валидации и функции `StratifiedKfold` для обеспечения сбалансированных пропорций классов. Полученные результаты показывают повышенную эффективность разработанного алгоритма по сравнению с алгоритмом, используемым в клинической практике.

6. Замечания и вопросы по диссертации

Несмотря на очевидные достоинства работы, имеются замечания:

1. На рисунке 1.1 подробно представлены различные типы сигналов электроретинограмм (ЭРГ), что излишне для данного исследования. Рекомендуется ограничиться только представлением структуры максимальной ЭРГ.
2. Каким образом был решен вопрос выбора оптимальной базисной функции вейвлета?
3. Для какой практической цели были использованы 5-й и 95-й процентиля в статистических данных, (таблицы 2.1÷2.5)?
4. На рисунке 3.2 представлено определение минимумов спектра ЭРГ. Однако не указано, почему эти параметры не включены в список информативных.

5. Что испытывалось на УОМЗ?
6. Что понимается под термином «повышенная эффективность»?
7. Стилистическое замечание – сомнительна необходимость многократного употребления слова «является» (6 раз только на 3-ей и 4-ой страницах) для неодушевленных предметов.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертации.

7. Общая характеристика работы

Исследования проведены в значительном объеме, логически выстроены, включают как теоретические аспекты, так и экспериментальную проверку.

В целом диссертация логично структурирована, соответствует требованиям, предъявляемым к научным работам. Иллюстрации выполнены на высоком уровне. Автореферат соответствует диссертации.

8. Заключение по работе

Исследовательская работа изложена грамотным научно-техническим языком, в полной мере отвечает требованиям по актуальности, научной новизне, практической значимости, личному вкладу автора, отражению результатов в публикациях, а также полностью соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ и специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Автор диссертации Жданов Алексей Евгеньевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор
Профессор кафедры технической физики Физико-технологического института
Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина»,

Тел.: +7 (343) 3759520

e-mail: s.l.goldshtein@urfu.ru

Адрес: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19



(подпись)

13.05.2024
(дата)

 Гольдштейн Сергей Львович

М.П.


Ученый секретарь


(Мерзлова В.А.)

