

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.93

Высоцкий
Олег Павлович

**Программный комплекс дистанционного управления персональным
компьютером с использованием цифровой обработки сигналов
электроэнцефалограмм**

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-38 80 03

«Приборы, системы и изделия медицинского назначения»

Научный руководитель
Бондарик Василий Михайлович
канд. техн. наук, доцент

Минск 2018

ВВЕДЕНИЕ

Одним из доступных методов исследования головного мозга является электроэнцефалография (ЭЭГ) - метод исследования деятельности головного мозга, основанный на суммарной регистрации биоэлектрической активности отдельных его зон и областей. Развитие науки и техники привело к увеличению вычислительной мощности персональных компьютеров, что, в свою очередь, позволяет применять их для построения систем взаимодействия человека с компьютером путём анализа и интерпретации сигналов ЭЭГ. Данное направление является актуальным, т.к. людям с ограниченными возможностями в большинстве случаев не подходят традиционные методы взаимодействия с компьютером.

Существуют методы фильтрации и поиска вызванных потенциалов и потенциалов действия в сигналах электроэнцефалограмм, но, в большинстве своём, они заключаются в последовательной обработке этих сигналов. Последовательная обработка сигналов не позволяет реализовать существующие методы в режиме реального времени. Однако использование алгоритма параллельной фильтрации позволяет применять для вычислений современные графические процессоры, что на порядки уменьшает время обработки.

Целью данной работы является разработка программного комплекса для дистанционного управления персональным компьютером с применением цифровой обработки сигналов электроэнцефалограмм.

В соответствии с указанной целью можно обозначить следующие задачи:

1. изучить и провести анализ современных методов анализа электроэнцефалограммы;
2. разработать алгоритм фильтрации сигналов электроэнцефалограмм и поиска в них вызванных потенциалов и потенциалов действия;
3. разработать программный комплекс для управления персональным компьютером, путём фильтрации сигналов электроэнцефалограмм и поиска в них вызванных потенциалов и потенциалов действия.

Программный комплекс позволит компенсировать невозможность использования традиционных методов взаимодействия с компьютером лицам с ограниченными возможностями.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью работы является разработка программного комплекса удалённого управления персональным компьютером с применением цифровой обработки сигналов электроэнцефалограмм.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

1. изучить и провести анализ современных методов анализа электроэнцефалограммы;
2. разработать алгоритм фильтрации сигналов электроэнцефалограмм и поиска в них вызванных потенциалов и потенциалов действия;
3. разработать программный комплекс для управления персональным компьютером, путём фильтрации сигналов электроэнцефалограмм и поиска в них вызванных потенциалов и потенциалов действия.

Объектом исследования является электроэнцефалограмма головного мозга человека.

Предметом исследования являются способы поиска паттернов действия в сигналах электроэнцефалограмм.

Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-38 80 03 «Приборы, системы и изделия медицинского назначения».

Положения, выносимые на защиту

1. Алгоритм фильтрации сигналов электроэнцефалограмм и поиска в них вызванных потенциалов и потенциалов действия.
2. Программный комплекс для управления персональным компьютером путём фильтрации сигналов электроэнцефалограмм и поиска в них потенциалов действия.

Личный вклад соискателя

Все основные научные результаты, представленные в работе, получены соискателем самостоятельно на базе УО «БГУИР». В диссертации изложены результаты научно-исследовательских работ, выполненных автором в соавторстве (6 публикаций).

Личный вклад соискателя заключается в проведении теоретических и экспериментальных исследований, разработке алгоритма фильтрации электроэнцефалограммы и поиска в ней потенциалов движения, разработке

программного комплекса для управления персональным компьютером с применением цифровой обработки сигналов электроэнцефалограмм.

Участие научного руководителя: кандидата технических наук, доцента кафедры ЭТТ УО «БГУИР» Бондарика В.М. заключалось в обсуждении структуры, целей и задач исследований, обсуждении и обобщении результатов теоретических и практических исследований, проведенных автором самостоятельно.

Апробация результатов диссертации

Результаты исследования были представлены на 25-е юбилейных Международных чтениях «Великие преобразователи естествознания: Нильс Бор» (март 2017г., Минск, БГУИР), на X Международной научно-методической конференции «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века» (декабрь 2017г., Минск, БГУИР).

По материалам диссертации опубликовано 6 печатных работ, из них 3 научных статьи, 2 тезиса в сборниках докладов конференций и одно методическое пособие.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из общей характеристики работы, введения, трёх глав с выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

Общий объем диссертации составляет 103 страницы, 21 иллюстрация, 1 таблица, 33 наименований в библиографическом списке.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обозначена диагностическая ценность метода ЭЭГ, рассмотрена возможность применения ЭЭГ в целях взаимодействия человека с компьютером, определены основные направления и задачи для реализации цели исследований, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В общей характеристике работы сформулированы ее цель и задачи, показана связь с современными научными исследованиями, даны сведения об объекте и предмете исследования и обоснован их выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В первой главе дана краткая характеристика диагностического метода электроэнцефалографии, рассмотрены основные параметры электроэнцефалографического сигнала, принципы работы аппаратно-программных комплексов для проведения электроэнцефалографии и методы анализа электроэнцефалограмм. Также рассмотрены спектральный анализ, Фурье-преобразования сигнала, когерентный анализ, корреляционный анализ, анализ на основе вейвлет-преобразования, фрактальный и мультифрактальный анализ.

Вторая глава посвящена разработке алгоритма параллельной фильтрации сигналов электроэнцефалограмм, алгоритма построения формы отклика вызванных потенциалов и потенциалов действия, алгоритма детектирования вызванных потенциалов и потенциалов действия в сигналах электроэнцефалограмм в реальном режиме времени путём расчёта корреляции входного сигнала с формой отклика потенциала действия и дальнейшего обучения экспертной системы методами машинного обучения. Алгоритм параллельной фильтрации заключается в преобразовании трёх фильтров с бесконечной импульсной характеристикой с реализацией в форме последовательного вида второго типа в единый фильтр с реализацией в форме параллельного вида с звеньями второго порядка.

В третьей главе были приведены использованные компьютерные технологии и программные библиотеки в разработанной программе дистанционного управления персональным компьютером с применением цифровой обработки сигналов электроэнцефалограмм. Приведена возможность

программы создавать интерактивную трёхмерную визуализацию активности головного мозга. Представлены примеры результатов работы программы.

При практических исследованиях были изучены некоторые параметры обработки сигналов электроэнцефалограмм, а также влияние реализации фильтрации на быстродействие обработки.

По результатам проведенных исследований все поставленные задачи решены в полном объеме, цель работы реализована на практике.

В заключении сформулированы основные результаты исследований.

В приложениях приведены публикации соискателя и дополнительный материал.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над диссертацией было проведено изучение современных методов анализа ЭЭГ сигналов. На основе анализа литературы были определены основные проблемы детектирования вызванных потенциалов и потенциалов действия в сигналах ЭЭГ и выявлены методы анализа ЭЭГ для их решения. Для решения поставленной цели были выбраны корреляционный анализ сигналов ЭЭГ и машинное обучение.

В данной магистерской диссертации разработан алгоритм обработки сигналов электроэнцефалограмм и программный комплекс дистанционного управления персональным компьютером с применением цифровой обработки сигналов электроэнцефалограмм. Процесс цифровой обработки ЭЭГ состоит из следующих этапов:

- 1) параллельная фильтрация сигналов ЭЭГ цифровым фильтром;
- 2) построение формы отклика потенциала действия на ЭЭГ;
- 3) вычисление корреляции сигналов ЭЭГ с формой отклика потенциала действия;
- 4) построение экспертной системы детектирования потенциала действия на сигналах ЭЭГ;
- 5) управление персональным компьютером путём эмуляции мыши в зависимости от принятого решения экспертной системы в реальном режиме времени;

Применение современных графических процессоров в программе позволило производить процесс обработки ЭЭГ в режиме реального времени.

Дальнейшие исследования по данной теме предполагают использование нейронных сетей для повышения точности детектирования потенциала действия и сокращения времени детектирования.

По материалам магистерской диссертации опубликовано 5 работ: три статьи в журнале «Доклады БГУИР», который входит в перечень ВАК, в сборнике материалов конференции «Юбилейные XXV Международные чтения: Великие преобразователи естествознания: Нильс Бор», и в сборнике материалов конференции «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1. Высоцкий, О.П. Интерактивная трехмерная визуализация патологической активности головного мозга / Т. С. Боброва, О. П. Высоцкий, Д. И. Змитрукевич, Г. И. Овсянкина, А. А. Борискевич, М. В. Давыдов // Доклады БГУИР №7(101) С. 163-167
2. Змитрукевич, Д. И. Методика поиска паттернов патологической активности в многоканальных сигналах ЭЭГ / Д. И. Змитрукевич, О. П. Высоцкий // Великие преобразователи естествознания: Нильс Бор : материалы юбилейных XXV Междунар. чтений (Минск, 16–17 марта 2017 года). – Минск : БГУИР, 2017. – С. 234 - 235.
3. Тонконогов, Б. А. Программное обеспечение электронных средств. Лабораторный практикум : пособие / Б. А. Тонконогов, О. П. Высоцкий. – Минск : БГУИР, 2017. – 67 с. : ил.
4. Собчук, Н. С. Программный пакет для индивидуального прогнозирования качества и технического состояния средств медицинской электроники методом пороговой логики / Н. С. Собчук, О. П. Высоцкий // Доклады БГУИР. - 2016. - № 7 (101). - С. 318 - 322.
5. Собчук, Н. С. Индивидуальное прогнозирование качества и технического состояния средств медицинской электроники методом пороговой логики / Н. С. Собчук, О. П. Высоцкий // Доклады БГУИР. - 2016. - № 7 (101). - С. 172 - 175.
6. Ахременко, Д. Н. Программное обеспечение для моделирования схем кодирования и декодирования информации / Д. Н. Ахременко, О. П. Высоцкий, В. М. Бондарик // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы X международной научно-методической конференции (Минск, 7 - 8 декабря 2017 года). – Минск : БГУИР, 2017. – С. 154 - 155.