

APRIL 27-28, 2023

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ

Бранцевич П.Ю.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» – Минск, Беларусь

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7859884>

***Аннотация.** Создание новых и совершенствование существующих методов оценки состояния человека, проведение медицинских исследований требуют применения цифровых систем и информационных технологий. При психических заболеваниях для исследования нейронной сети головного мозга человека используются электроэнцефалограммы (ЭЭГ), представляющих собой сложные цифровые сигналы. В настоящее время для лечения резистентных форм психических и поведенческих расстройств применяется метод электросудорожной терапии (ЭСТ). Определение информативно-значимых параметров ЭЭГ, которые свидетельствовали бы о результативности ЭСТ остается проблематичным. Представлены результаты цифровой обработки временных реализаций электроэнцефалограмм, которые могут найти применение при сравнительном анализе ЭЭГ.*

***Ключевые слова:** сигнал, электроэнцефалограмма, параметр, цифровая обработка*

Введение.

Разработка новых и совершенствование уже существующих методов оценки состояния и лечения человека является важным направлением медицинских исследований. Поэтому применение разнообразных способов обработки параметров и характеристик человеческого организма и формализация систем принятия решений являются весьма актуальными. Вычислительная и информационная мощность современных технических средств, в том числе и мобильных, существенно расширяет подходы к решению разнообразных задач, связанных с обработкой длинных реализаций цифровых сигналов.

Основным функциональным элементом мозга человека является нейрон [1-2]. Работа мозга, как взаимодействие нейронов посредством электрических токов, сопровождается изменением электромагнитного поля на поверхности головы, которое можно зафиксировать специальными первичными преобразователями и преобразовать в виде изменяющихся параметров тока или напряжения, что и происходит, когда снимают электроэнцефалограмму [3]. ЭЭГ – процедура, которая проводится для определения электрической активности головного мозга и выявления очагов повышенной судорожной активности его коры, что характерно для: эпилепсии; опухолей; состояний после перенесенного инсульта; структурных и метаболических энцефалопатий; расстройств сна и других заболеваний. Электроэнцефалограмма выявляет симптоматику работы головного мозга, позволяет оценить характер зарегистрированных артефактов [3-5].

Электроэнцефалограмма, как цифровой сигнал.

Электроэнцефалограмма отражает колебания напряжения в результате ионного тока в нейронах головного мозга и является электрическим сигналом, как результатом спонтанной электрической активности мозга в течение определенного периода времени,

APRIL 27-28, 2023

записанной с нескольких электродов на мозге или поверхности скальпа. Стандартной системой размещения электродов на поверхности головы, рекомендованной Международной федерацией электроэнцефалографии и клинической нейрофизиологии является система «10–20%» [5].

Результатом ЭЭГ являются цифровые сигналы, к которым исследуют с помощью методов цифровой обработки сигналов [6-7]. Наиболее распространен спектральный метод исследования сигналов ЭЭГ, в ходе которого анализируется мощность сигнала в частотных полосах, называемых: альфа (8-13 Гц); бета (13-35 Гц); гамма (35-70 Гц); дельта (0.3-4 Гц); тэта (4-8 Гц) [4-5].

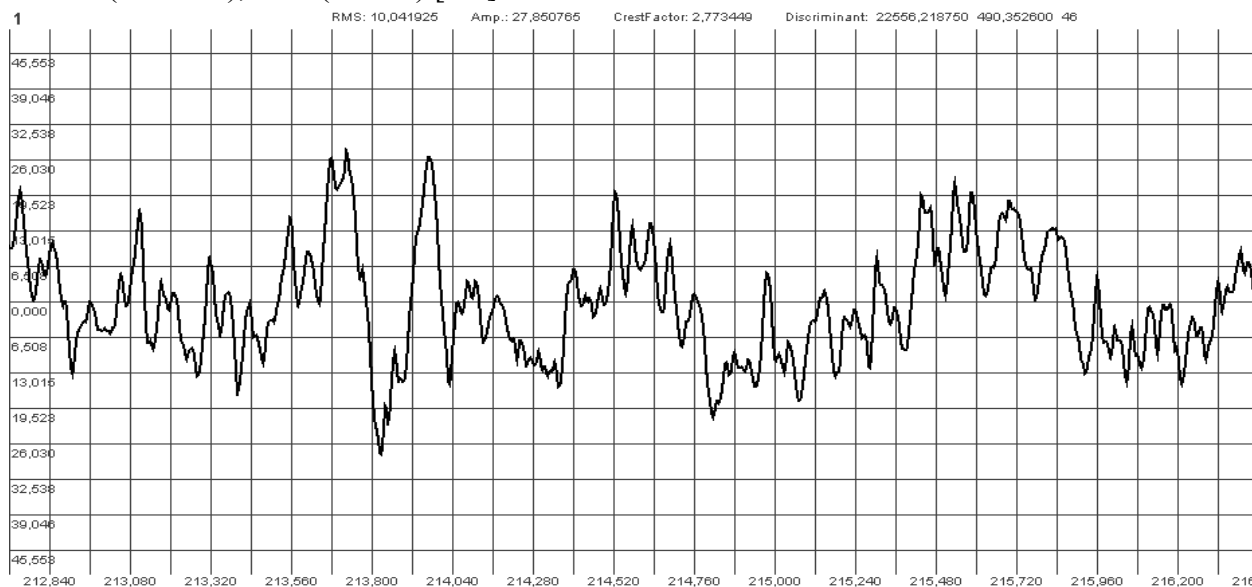


Рисунок 1. Сигнал ЭЭГ, полученный при частоте дискретизации 250 Гц

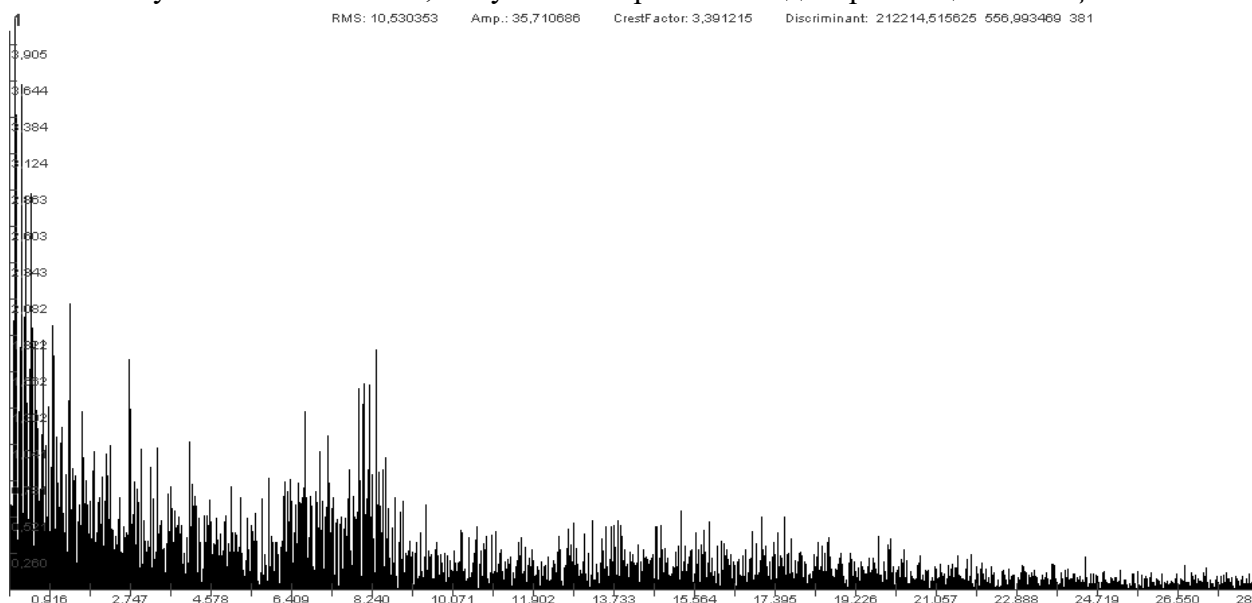


Рисунок 2. Амплитудный спектр сигнала ЭЭГ на временном интервале 32,768 с.

При этом, в большинстве случаев вычисление амплитудного спектра производится на 1024-х или меньшем количестве дискретных точек [8-9], что приводит к достаточно грубому частотному разрешению. На рис.1 показан один из сигналов ЭЭГ (отведение FP2-АА), а на рис. 2 его амплитудный спектр, вычисленный для частотного разрешения 0.03

APRIL 27-28, 2023

Гц. Однако, в настоящее время для исследования электроэнцефалограмм в режиме реального времени можно применить и другие способы обработки для выявления новых параметров и информативно-значимых признаков. Это цифровая фильтрация, вейвлет обработка, преобразование Гильберта-Хуанга, гистограммы распределения, разложение сигнала на детерминированные и шумоподобные компоненты, построение временных трендов и их обработка [10].

На рис. 3 представлены временные тренды СКЗ, пик-фактора, эксцесса, асимптоты, СКЗ в частотных полосах альфа, бета, гамма, дельта, тэта, которые вычислялись на 1024 точках, что при частоте дискретизации 250 Гц соответствует временному интервалу 4,096 с, с шагом по времени в одну секунду.

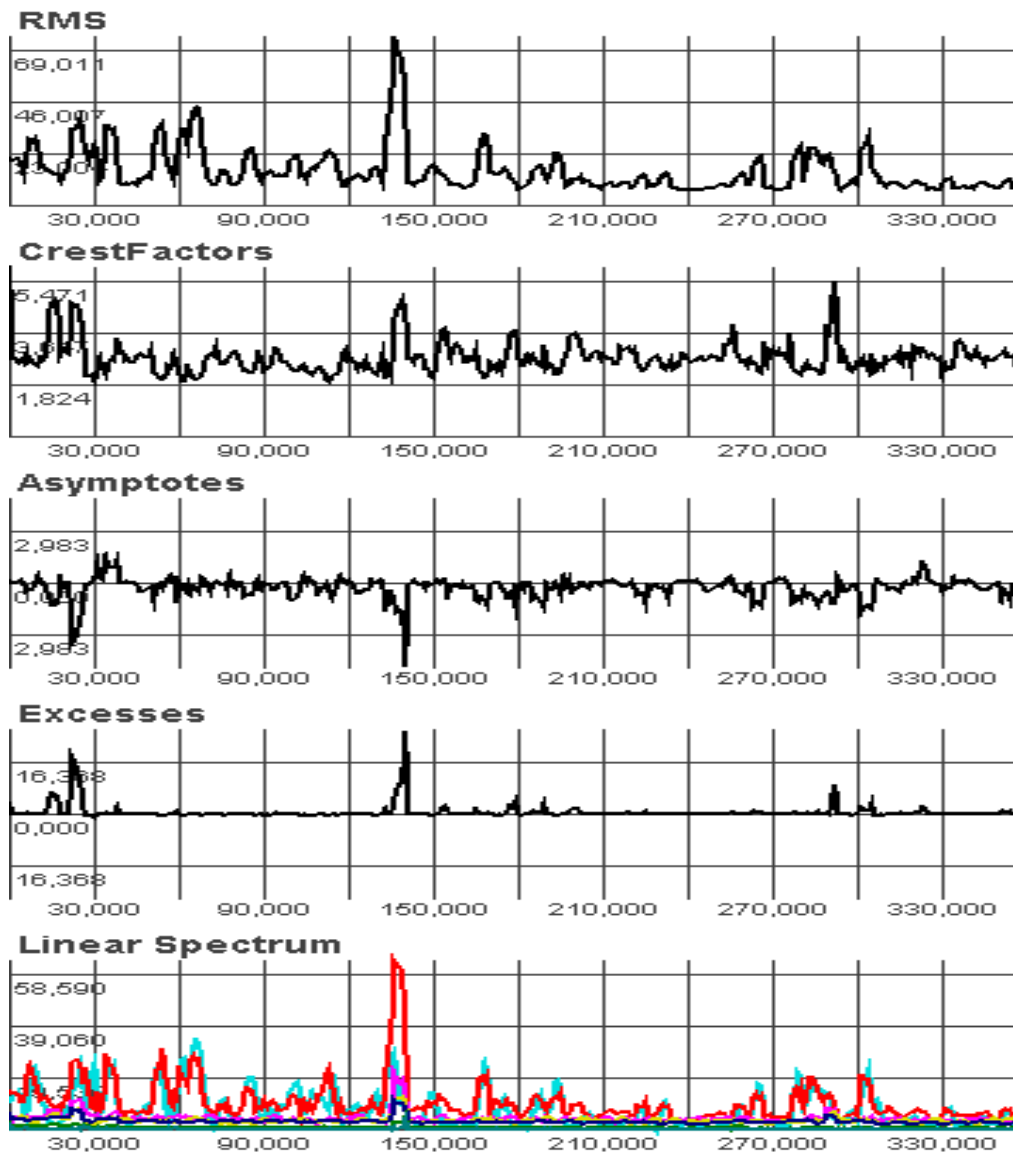


Рисунок 3. Временные тренды параметров сигнала ЭЭГ.

Ось абсцисс – время, с. Ось ординат – значение параметра

Амплитудные всплески параметров на временном тренде являются отражением возмущений на сигнале ЭЭГ (см. рис. 4). Следовательно, анализируя временные тренды можно локализовать ряд артефактов на сигналах ЭЭГ.

APRIL 27-28, 2023

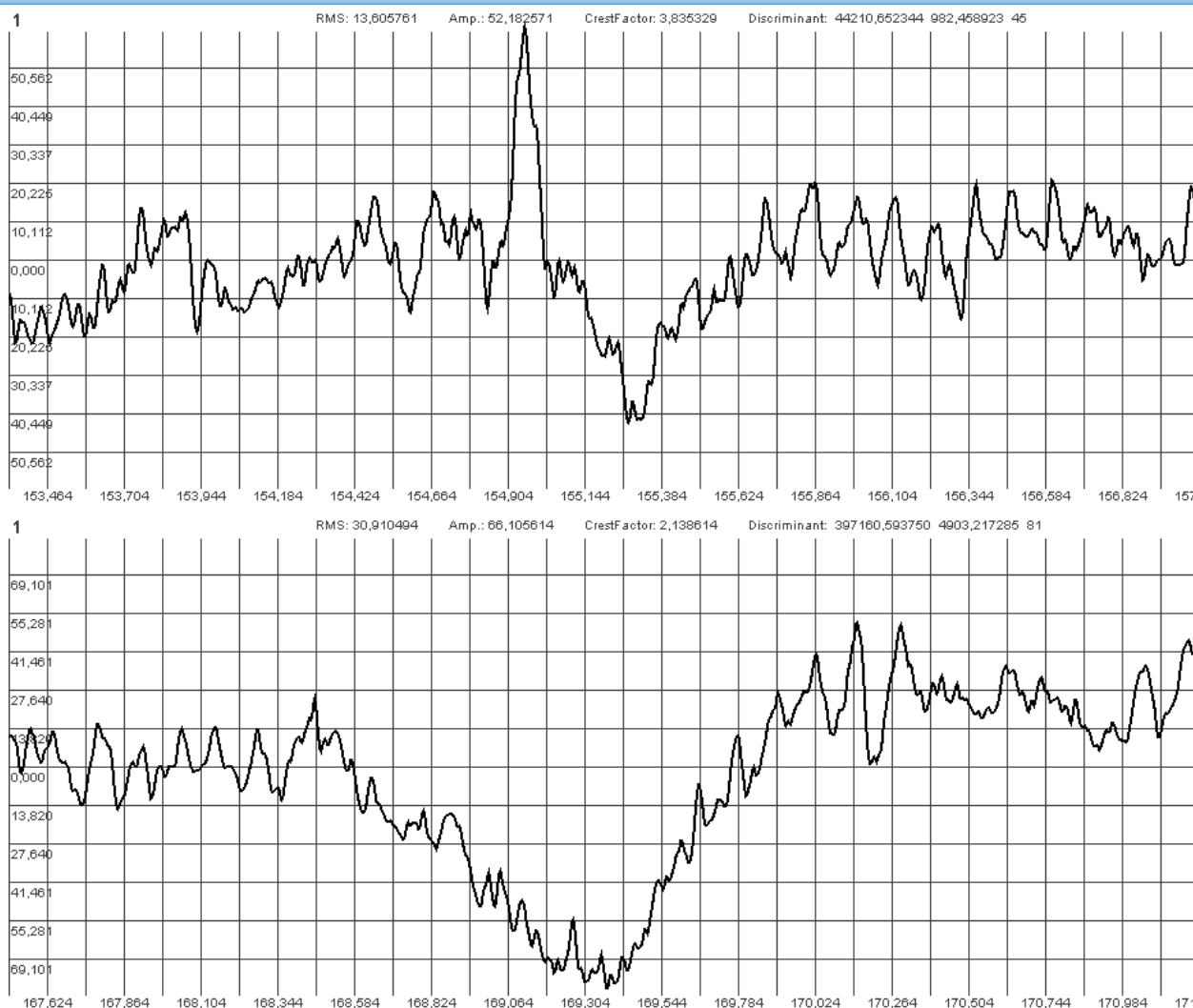


Рисунок 4. Отрезки временных реализации сигнала ЭЭГ с артефактами

Проведенные исследования сигналов ЭЭГ показали, что изменение частотного разрешения спектрального анализа приводит к изменению структуры их амплитудных спектров, что свидетельствует о случайном характере сигналов ЭЭГ [11]. При этом на определенных временных интервалах анализа гистограмма распределения сигнала ЭЭГ по уровням близка к нормальному закону распределения.

Число заболеваний, которые приводят к изменениям ЭЭГ человека достаточно велико. Наиболее часто с её помощью диагностируют эпилепсию. Данный недуг является очень опасным и проявляется в припадках и судорогах, во время которых больной теряет сознание.

Выводы.

По результатам исследования состояния нейронной сети головного мозга человека с использованием электроэнцефалограмм получают данные, которые впоследствии находят применение в медицинской практике. Результаты обработки ряда ЭЭГ позволяют сделать предположение о возможности определить группу информативно-значимых признаков, по которым можно будет делать обоснованное заключение об эффективности процедуры электросудорожная терапия или других способов лечения. Предварительный анализ сигналов ЭЭГ показал, что достаточно существенные отличия сигналов ЭЭГ

можно выявить, наблюдая изменения параметров сигнала и огибающей сигнала в частотной полосе 13-35 Гц. Однако данная гипотеза требует подтверждения на большом объеме реальных данных[11].

REFERENCES

1. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации. Пер. с польского И. Д. Рудинского. – Москва: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
2. Павлова, Л. П. Доминанты деятельного мозга человека. Системный психофизиологический подход к анализу ЭЭГ / Л.П. Павлова. – СПб.: Информ-навигатор, 2017. – 430 с.
3. Зенков, Л. Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии) / Л. Р. Зенков. 2-е изд., испр. и доп. – М.: МЕДпресс-информ, 2002. – 368 с.
4. Докукина, Т.В. Визуальная и компьютерная ЭЭГ в клинической практике / Т. В. Докукина, Н. Н. Мисюк. – Минск: Кнігазбор, 2011. – 187 с.
5. Татум, У.О. Клиническая интерпретация электроэнцефалографии / У.О. Татум. А.М. Хусейн, С.Р. Бенбадис, П.В. Каплан. Пер. с англ. – М.: Издательский дом БИНОМ. 2020. – 264 с.
6. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов / Р. Лайонс. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. – 656 с.
7. Айфичер, Э.С. Цифровая обработка сигналов: практический подход / Э.С. Айфичер, Б.У. Джервис. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 992 с.
8. Кулаичев, А.П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика / А.П. Кулаичев. – Москва: ИНФРА-М, 2018. – 469 с.
9. Электроэнцефалография: руководство / М. В. Александров [и др.]. Под ред. М. В. Александрова. 3-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2020. – 224 с.
10. Бранцевич, П. Ю. Цифровая обработка вибрационных сигналов / П. Ю. Бранцевич. – Минск: Бестпринт, 2022. – 297 с.
11. Бранцевич, П. Ю. Примеры цифровой обработки электроэнцефалограмм / П. Ю. Бранцевич // Медэлектроника–2022. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: сб. науч. Ст. XIII Междунар. Науч.-техн. конф. (Республика Беларусь, Минск, 8-9 декабря 2022 года). – Минск: БГУИР, 2022. – С. 314-318.
12. Метод лечения резистентных форм психических и поведенческих расстройств с использованием электросудорожной терапии. Инструкция по применению / Докукина Т.В. [и др.]. Утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 20.01.2015. – Минск: Министерство здравоохранения РБ, 2015. – 11 с.
13. Бауэр, М. Клинические рекомендации Всемирной федерации обществ биологической психиатрии по биологической терапии униполярных депрессивных расстройств. Часть 3: Острое и продолженное лечение униполярных депрессивных расстройств по состоянию на 2013 год / Бауэр М., Пфенниг А., Северус Э., Вайбрау П.С., Ж. Ангст, Мюллер Х.-Ю. от имени и по поручению Рабочей группы по униполярным депрессивным расстройствам / Современная терапия психических расстройств. – 2016. – № 2. – С. 27-40.