

УДК 615.47



ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЕ ЧЕЛОВЕКА

К.Г. Половенко

ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, bykh@kharkov.kture.ua

Проанализировано применение метода вейвлет-анализа для определения аномальных участков на ЭЭГ человека. Для детальной расшифровки ЭЭГ использовался масштабный анализ с базисной функцией Добеши на основе вейвлет-преобразований. Показаны преимущества вейвлет-обработки для определения характерных особенностей ЭЭГ при сравнении со спектральным анализом.

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММА, РИТМЫ, СПАЙКИ, ЭПИЛЕПСИЯ, ДИСКРЕТНОЕ ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ

Введение

В настоящее время электроэнцефалограмма (ЭЭГ) широко используется для оценки функционального состояния головного мозга. Для установления степени и характера общемозговых нарушений, характеризующих реактивность коры головного мозга на внешние раздражения, определяются вызванные потенциалы головного мозга. Обработка информации вызванных потенциалов способствует достоверной постановке диагноза. К сожалению, современные методы автоматизированной обработки ЭЭГ не позволяют выявлять аномалии [1, 2]. Поэтому поиск новых методов автоматизированной обработки ЭЭГ является актуальным. Одним из таких методов является метод вейвлет-анализа [7, 8].

Целью работы является исследование возможности применения вейвлет-анализа для определения качественных и количественных особенностей электроэнцефалограммы в норме и патологии.

1. Материалы и методы исследования

В работе используются методы дискретного вейвлет-анализа [8, 9, 11] и масштабного анализа на основе вейвлет-преобразований [3].

Обработка сигналов производилась в пакете SYSTAT AutoSignal 1.6, который обеспечивает фильтрацию, обработку и анализ сложных сигналов с помощью интерактивных графических инструментов и детальных отчетов.

Для детальной расшифровки ЭЭГ использовался масштабный анализ с базисной функцией Добеши на основе вейвлет-преобразований, суть которого состоит в разложении сигнала по базисной функции Добеши, образованной сдвигами и масштабными копиями вейвлетной функции. Данный метод позволяет детально рассмотреть отдельные локальные участки сигналов, что дает возможность повысить информативность и точность результатов. Эта особенность использовалась для расширения функциональных возможностей программного обеспечения, разработанного автором, в составе системы вейвлет-преобразований для

частотно-временных характеристик паттернов ЭЭГ сигналов [3, 5].

2. Анализ результатов работы

Проводилась обработка ЭЭГ с помощью методов дискретного вейвлетного и масштабного анализов. Эти методы применялись для качественной и количественной оценки параметров сигналов на аномальных участках ЭЭГ с помощью пакета SYSTAT AutoSignal 1.6. На рис. 1 и 2 представлены результаты обработки ЭЭГ-сигналов с помощью построений Фурье и дискретных вейвлет спектров, полученных с отведения *Poz*. На рис. 1 представлены: исходный сигнал ЭЭГ здорового пациента (условно считаем ЭЭГ без патологий), Фурье и вейвлет спектры. При построении вейвлет-спектра (рис. 1б) наблюдаются незначительные изменения в сигнале ЭЭГ человека, что говорит о случайных вызванных потенциалах в мозге. На рис. 2 представлен сигнал ЭЭГ человека, больного эпилепсией, где имеют место явно выраженные всплески (устойчивые острые пики) (рис. 2а), которые характеризуются также ускорением ритмов ЭЭГ, чередованием быстрых и медленных колебаний, увеличением амплитуды колебаний

Из данного рисунка видно, что построение Фурье-спектра является мало информативным при определении как наличия, так и типа аномалии сигналов. Частотный Фурье-спектр отображает лишь глобальные сведения о частотах исследуемого сигнала и не дает представления о локальных свойствах сигнала при его временных изменениях. Наличие множественных всплесков с окраской от темно-синего до ярко красного в вейвлет-спектре (рис. 2б) свидетельствует о явных патологиях. Минимальные уровни спектра соответствуют низкочастотным составляющим сигнала (окрашены в темно-синий цвет), а максимальные – высокочастотным (окрашены в темно-красный). Эти изменения цветовой палитры объясняются тем, что у данного пациента наблюдаются серьезные патологические изменения в низкочастотной области: именно эпилепсия характеризуется наличием

низкочастотных составляющих спектра сигнала. Таким образом, можно сделать вывод, что дискретный вейвлет-анализ пригоден для выявления такой патологии, как эпилепсия, и имеет явные преимущества перед традиционным спектральным анализом, обеспечивая, в частности, корректное описание нестационарных процессов и сохраняя более полную информацию об особенностях ЭЭГ.

Известно, что вейвлет-анализ представляет собой разложение сигнала по специальному базису, а базисные функции получаются сдвигом и масштабированием (сжатием и растяжением) одной функции порождающего вейвлета [5]. Каждому значению масштаба вейвлет-анализа соответствует бесконечное количество сдвинутых друг относительно друга локализованных в пространстве функций.

Масштабный анализ определяет общий подход для поиска различных вейвлет-базисов. При вычислении вейвлет-преобразований для дискретных сигналов открываются широкие возможности его практической реализации.

Автором предложено использовать масштабный анализ с помощью вейвлет-преобразований с базисной функцией Добеши. Был разработан алгоритм и программное средство «Масштабный анализ по Добеши», где осуществляется разложение сигнала с определенным сдвигом: чем меньше сдвиг, тем больше площадь преобразования и больше информации для детальной обработки сигнала.

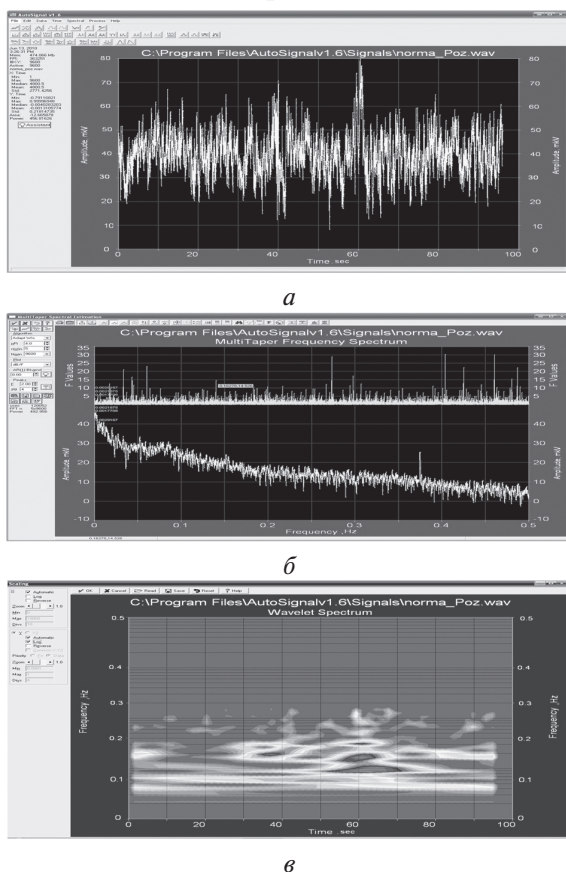


Рис. 1. Исходный сигнал пациента здорового пациента (а) с отведения Poz, его Фурье-спектр (б) и вейвлет-спектр (в)

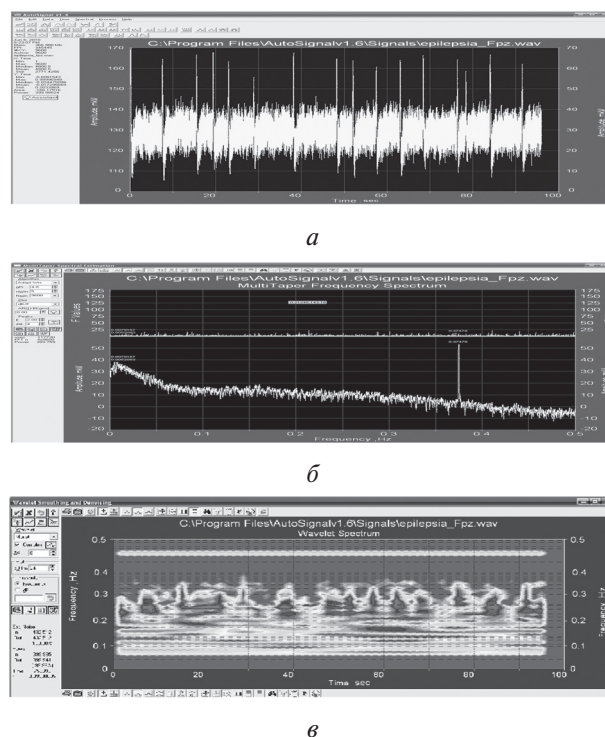


Рис. 2. Исходный сигнал пациента больного эпилепсией (а) с отведения Poz, его Фурье-спектр (б) и вейвлет-спектр (в)

Данный программный продукт позволяет аппроксимировать исходный сигнал, провести его детализацию, вычислить коэффициенты аппроксимации и детализации. Выбирая эти коэффициенты, удастся детально проанализировать исходный сигнал.

С помощью данного программного средства для двух разных людей, имеющих разные диагнозы, были выбраны коэффициенты детализации и аппроксимации сигнала на определенных уровнях, при этом анализировался уровень изменения деконпозиции и порядка функции Добеши. На рис. 3-6 показаны результаты обработки ЭЭГ-сигналов с помощью разработанного программного средства «Масштабный анализ по Добеши».

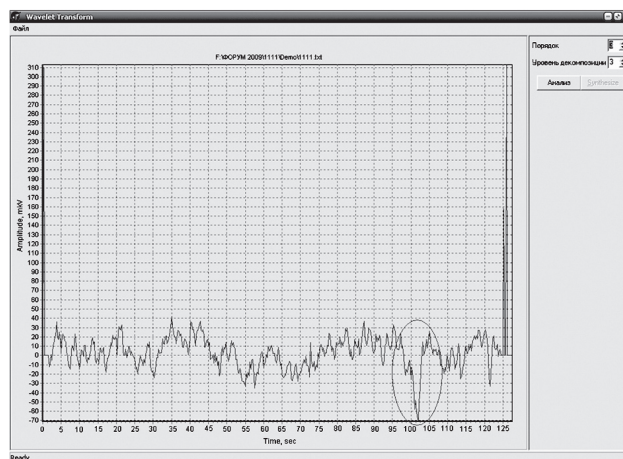


Рис. 3. Исходный сигнал здорового человека, снятого с отведения Т4_1

На рис. 3, 4 овалами обведены характерные участки нормальной ЭЭГ и показано их детальное представление (рис. 4) при разложении сигнала, имеющийся выброс имеет амплитуду в пределах нормы ЭЭГ-сигнала. На рис. 5, 6 представлен анализ ЭЭГ с помощью разработанного программного средства при разных порядках уровня декомпозиции и функции Добеши. Здесь овалами обведены аномальные участки, характеризующие патологическую активность коры головного мозга человека. Выбросы на рис. 5, 6 имеют амплитуду, намного превышающую норму ЭЭГ-сигнала. При увеличении порядка базисной функции и уровня декомпозиции можно подробно рассмотреть изменение сигнала во времени и выделить характерные особенности аномальных участков.

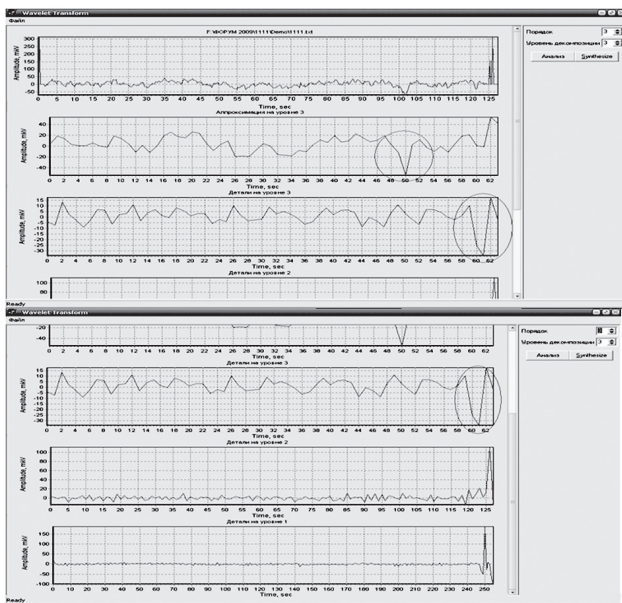


Рис. 4. Разложение сигнала масштабным анализом нормальной ЭЭГ. Порядок Добеши 3, уровень декомпозиции 3

На рис. 6 видно, что чем больше порядок базисной функции Добеши и уровень декомпозиции, тем подробнее можно рассмотреть сигнал для выявления его характерных участков на всех уровнях аппроксимации и детализации, что повышает степень определения той или иной аномалии.

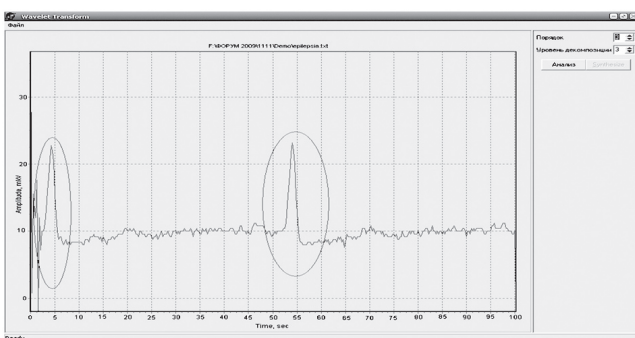


Рис. 5. Электроэнцефалограмма пациента, больного эпилепсией, снятой с отведения Т4_1

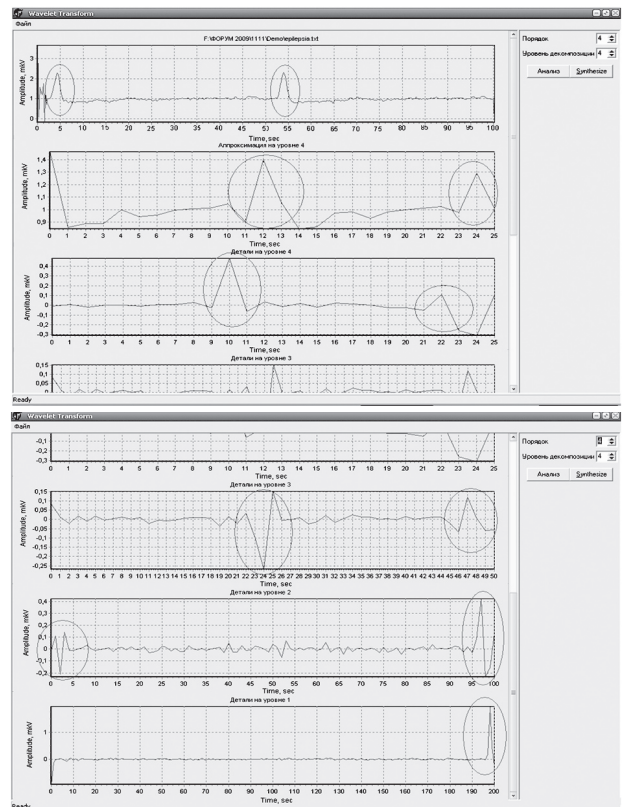


Рис. 6. Разложение сигнала масштабным анализом эпилептической ЭЭГ. Порядок Добеши 4, уровень декомпозиции 4

Аналогичные результаты были получены при исследовании ЭЭГ пациентов с 5 патологиями: черепно-мозговая травма, опухоль головного мозга, шизофрения, болезнь Паркинсона, инсульт.

Выводы

Получены качественно новые результаты, показывающие возможность ранжирования патологий внутри диагностической группы, что в дальнейшем может использоваться для определения степеней сложности заболеваний головного мозга.

Вейвлетный метод-анализ показал надежные результаты даже при наличии только одного образца для каждого типа аномалий.

Вейвлет-метод обработки чувствителен к любым преобразованиям исходной формы сигнала и позволяет представить их в удобной форме. Вейвлет-преобразования эффективны как для выявления кратковременных аномалий сигнала (спайков), так и устойчивых изменений его параметров, а также пригоден для установления факта появления патологии и определения ее характера.

Предложен метод обработки и оценки электроэнцефалографических кривых, основанный на масштабном анализе с базисной функцией Добеши. Установлено, что с увеличением уровня декомпозиции (3-6) осуществляется более подробная детализация исходного сигнала, что позволяет более точно диагностировать патологию.

Список литературы: 1. *Сахаров, В.Л.* Методы математической обработки электроэнцефалограмм [Текст]: Учебное пособие / В.Л. Сахаров, А.С. Андреев // Таганрог: "Антон", 2000. — 44 с. 2. Клиническая электроэнцефалография [Текст] / Под ред. В.С. Русинова // М.: "Медицина", 1973. — 340 с. 3. *Рангайян, Р.М.* Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход [Текст]: пер. с англ. / под ред. А.П. Немирко // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 440 с. 4. *Айфичер, Эммануил С.* Цифровая обработка сигналов: практический подход [Текст]: 2-е издание / Айфичер Эммануил С., Джервис Барри У.: пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. — 992 с. 5. *Добеши И.* Десять лекций по вейвлетам [Текст] / И. Добеши. — Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика, 2001. — 464 с. 6. *Голуб, В.А.* Автоматическое распознавание острых волн в электроэнцефалографии [Текст] / В.А. Голуб, О.В. Мачульская, Н.П. Серезенко // Сб. докладов междунар. науч.-практич. конф. «Кибернетика и технологии XXI» века. — Воронеж, 2000. — С. 119-123. 7. *Голуб, В.А.* Автоматическое распознавание паттернов в электроэнцефалографии [Текст] // В.А. Голуб, О.В. Мачульская, Н.П. Серезенко // Сб. докладов междунар. науч.-практич. конф. «Кибернетика и технологии XXI» века. — Воронеж, 2001. — С. 458-462. 8. *Голуб, В.А.* Выявление паттернов ЭЭГ с помощью вейвлет-преобразования [Текст] // В.А. Голуб, И.Н. Козлова, Н.П. Серезенко // Вестник ВГУ, сер. Системный анализ и информационные технологии. — 2007. — № 2. — С. 61-64. 9. *Голуб, В.А.* Выявление паттернов ЭЭГ с помощью вейвлет-преобразования [Текст] / В.А. Голуб, И.Н. Козлова, Н.П. Серезенко // Информатика: проблемы, методология, технологии: Материалы 9-й междунар. науч.-метод. конф., Воронеж, 12-13 февраля 2009 г., 2009.

Т. 1. — С. 197-203. 10. *Блейхут, Р.* Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов [Текст] / Р. Блейхут. — М.: Мир, 1999. — 448 с. 11. *Есауленко, И.Э.* Распознавание паттернов электроэнцефалограмм с использованием вейвлет-анализа [Текст] / И.Э. Есауленко, Н.П. Серезенко, С.Н. Семенов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. — 2009. — Т. 8, № 4. — С. 855-857.

Поступила в редколлегию 3.09.2010.

УДК 615.47

Застосування методу вейвлет-аналізу для визначення аномальних ділянок на електроенцефалограмі людини / К.Г. Половенко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2010. — № 3 (74). — С. 105–108.

В статті розглядаються перспективні напрями обробки електроенцефалограм за допомогою вейвлет-аналізу з метою виявлення аномальних ділянок. Показані переваги вейвлетного аналізу для визначення характерних особливостей електроенцефалограм при порівнянні зі спектральним методом.

Л. 11. Бібліогр.: 11 найм.

UDK 615.47

Applications of method of veyvlet-analysis for determination of anomalous areas on the electroencephalogram of human / K.G. Polovenko // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. — 2010. — № 3 (74). — P. 105–108.

In the article perspective directions of treatment of electroencephalograms are examined by a veyvlet-analysis with the purpose of exposure of anomalous areas. Advantages of veyvletnogo analysis are rotined for determination of characteristic features of electroencephalograms when compared to a spectral method.

Fig. 11. Ref.: 11 items.