

Е. Я. ВОЙТИНСКИЙ

АНАЛИЗ ФОРМЫ БИОПOTЕНЦИАЛОВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ КОМБИНАТОРИКИ

Форма биопотенциалов различных тканей и органов обычно характеризуется описательным способом на основании визуального просмотра их контура. Более точная характеристика может быть получена при помощи методов математической аппроксимации, например, посредством «скользящего сглаживания» [1]. Однако в ряде случаев аппроксимация оказывается недостаточной и возникает необходимость описать форму потенциала совершенно точным однозначным способом. Для этой цели могут быть использованы методы математической комбинаторики, предназначенные для количественной оценки непрерывных сигналов любой сложности [2]. Один из таких методов рассматривается в данной статье.

Для решения поставленной задачи на исследуемый отрезок записи потенциала (ЭЭГ, ЭКГ, ЭМГ и др.) наносится сетка прямоугольных координат. Количество делений сетки по горизонтали («m») и по вертикали («k») выбирается таким образом, чтобы охватить все изменения кривой. По горизонтали и вертикали выбрано по 10 делений (рис. 1).

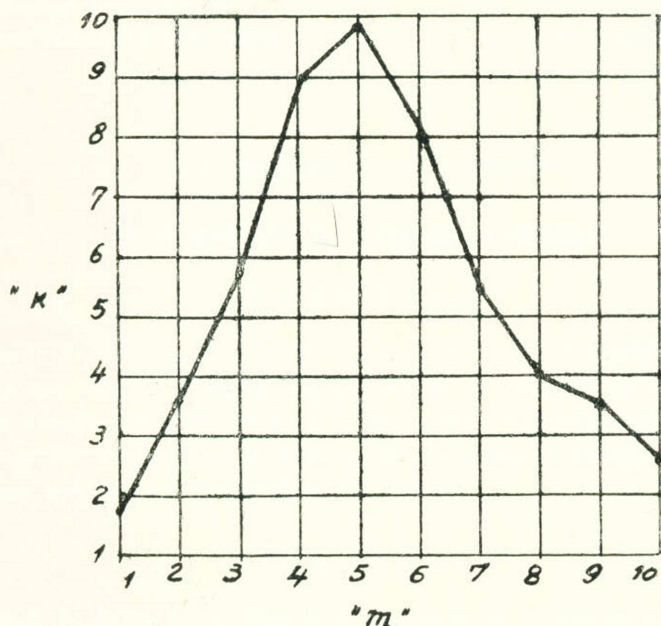


Рис. 1. Способ нанесения сетки прямоугольных координат.

Точки делений соответственно нумеруются, а точки пересечения горизонтальных и вертикальных линий, лежащих на кривой, служат

для дальнейших преобразований. В тех случаях, когда кривая не проходит через точку пересечения, ее нужно отнести к ближайшей точке. Таким образом, любой исследуемый отрезок кривой можно выразить в одной и той же системе « m » и « k », не считаясь с истинными значениями частот и амплитуд колебаний потенциала.

Математически доказано [2], что при данных значениях « m » и « k » форма сигнала описывается полиномом вида: $N_i = X_1 + k(X_2 - 1) + k^2(X_3 - 1) + k(X_4 - 1) + \dots + k^{m-1}(X_m - 1)$, где $X_1, X_2, X_3, \dots, X_m$ — значения ординат кривой сигнала, отсчитанных по направлению « k » в каждой из « m » точек.

Для кривой, показанной на рис. 1, полином примет вид: $N_i = 2 + 10(4 - 1) + 10^2(6 - 1) + 10^3(9 - 1) + 10^4(10 - 1) + 10^5(8 - 1) + 10^6(5 - 1) + 10^7(4 - 1) + 10^8(4 - 1) + 10^9(3 - 1) = 2\ 334\ 798\ 532$.

Полученная таким способом цифровая комбинация является не аппроксимацией, а точной и однозначной количественной оценкой данной формы.

В качестве примера приведем результаты исследования формы волн электроэнцефалограмм человека. На рис. 2а показан отрезок ЭЭГ прак-

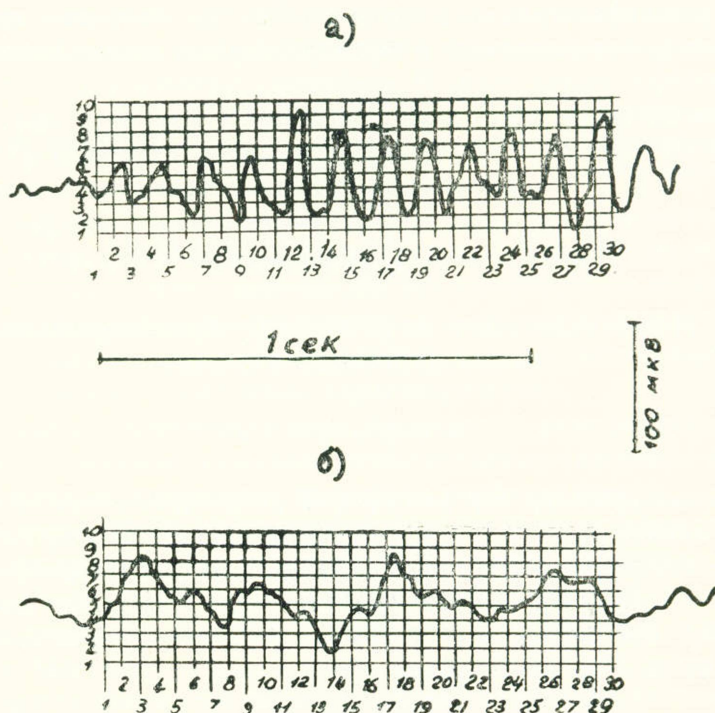


Рис. 2. Отрезок ЭЭГ здорового испытуемого с координатной сеткой (а) и отрезок ЭЭГ больного эпилепсией с координатной сеткой (б). $m=30$, $k=10$.

тически здорового испытуемого в состоянии покоя с регулярным альфа-ритмом, частотой в 11 гц и амплитудой до 70 мкв. На рис. 2 б приведен отрезок ЭЭГ больного эпилепсией, также записанный в состоянии покоя.

с доминирующим дельта-ритмом частотой в 3 гц и амплитудой порядка 50 мкв.

Вычисление полинома в первом случае дает следующую комбинацию цифр: 174062433526263172722525235348, а во втором—3356665434455773-41245553455686.

Количество цифр в комбинации зависит от скорости записи сигнала. При увеличении скорости записи количество цифр может быть значительно сокращено. Так, например, при регистрации ЭЭГ с помощью шлейфового осциллографа типа Н-102 количество цифр удается сократить в $3 \div 5$ раз.

Математические операции, требуемые для вычисления полинома, достаточно элементарны. Они могут быть ускорены и облегчены при помощи дискретных счетно-решающих устройств типа «Мерседес», «САР», «ВК-2», «ВК-3» и др.

Поскольку предложенный метод позволяет однозначным цифровым способом отразить форму любого потенциала, проследить все его изменения во времени и пространстве, он может быть использован в различных областях электрофизиологии. Этим методом могут быть исследованы электроэнцефалограммы в норме и патологии, вызванные потенциалы мозга, электрокардиограммы и некоторые другие виды биопотенциалов.

Ленинградский научно-
исследовательский институт
детских инфекций

Поступило 20/IX 1966 г.

Ե. ՅԱ. ՎՈՅՏԻՆՍԿԻ

ԲԻՈՊՈՏԵՆՑԻԱԼՆԵՐԻ ՉԵՎԻ ԱՆԱՍՏՈՐ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ԿԱՄԲԻՆԱՏՈՐԻԿԱՅԻ ՄԵԹՈԴՈՎ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. ի. մ.

Բիոպոտենցիալների ձևի քանակական բնութագրման համար առաջարկվում է մաթեմատիկական կոմբինատորիկայի մեթոդը: Նրա օգնությամբ կարող է ստացվել էլեկտրաէնցեֆալոգրամների, էլեկտրակարդիոգրամների և բիոպոտենցիալների այլ տեսակի ալիքների ձևի ճշգրիտ և միանիշ գնահատականը: Այս մեթոդը աչքի է ընկնում իր պարզությամբ, այն կարող է գործնական լայն կիրառում գտնել:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Войтинский Е. Я., Лебедев О. М., Левин М. В., Муниц И. Н. Вопросы психологии. 1963, 2, стр. 152.
2. Тимофеев В. А. Применение методов комбинаторики для математического выражения дискретных сигналов. Л., 1963.