

УДК 004.94

Д. С. Матюк<sup>1</sup>, М. В. Деркач<sup>1,2</sup>, канд. техн. наук, доц.

(<sup>1</sup>Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна)

(<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

## ОЦІНКА СПЕКТРАЛЬНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ПОТУЖНОСТІ ЕЕГ СИГНАЛУ

D. S. Matiuk, M. V. Derkach, Ph.D., Assoc. Prof.

### ESTIMATION POWER SPECTRAL DENSITY OF EEG SIGNAL

За останні декілька років вирости технічні можливості пристроїв, які формують фундамент розробки, відповідно прогресували нейрокомп'ютерні інтерфейси (НКІ) для управління пристроями та програмним забезпеченням. Розвивається можливість друкувати та малювати за допомогою ментальних команд, керувати курсором при роботі з ПК без допомоги рук, що допомагає людям з обмеженими можливостями після травм чи захворювань продовжувати жити повноцінним життям.

НКІ є системою, створеною для одностороннього або двостороннього обміну даними між мозком і електронним пристроєм за допомогою електричних сигналів. При такому підході для того, щоб зчитати та оцифрувати сигнали мозку та нервової системи, які потім використовуються при розробці мобільних та інших програм, електроди встановлюються на голові кожного конкретного користувача методом електроенцефалограми (ЕЕГ).

Активність мозку людини визначається безпосередньо роботою його сполучного нейронного комплексу, що передбачає ритмічність, динаміку та побудову ЕЕГ. Сполучна функція формації обумовлює відносну ідентичність та симетричність сигналів між усіма структурами мозку. Як правило, після етапу попередньої обробки з отриманих сигналів ЕЕГ виділяються деякі значущі характеристики, а потім виконується етап класифікації для інтерпретації намірів людини.

Для задачі класифікації потужність ЕЕГ сигналу в кожному з частотних діапазонів, таких як дельта, тета, альфа, бета та гамма хвилі, є важливою характеристикою. Першим кроком для її обчислення є пошук спектральної щільності потужності (PSD) сигналу за допомогою метода Уелча. Метод оцінки полягає в тому, що для кожного сегмента обчислюється модифікована періодограма. Тобто спектральна оцінка є середнім значенням періодограм:

$$\hat{S}_w(f) = \frac{1}{P} \sum_{p=0}^{P-1} \hat{S}^{(p)}(f), \quad (1)$$

де  $P$  – кількість модифікованих періодограм, що обчислюються по кожному зваженому сегменту  $0 \leq p \leq P-1$ :

$$\hat{S}^{(p)}(f) = \left| \sum_{k=0}^{D-1} x^{(p)}(k) e^{-i2\pi f k T_d} \right|^2 \left[ f_d \sum_{n=0}^{D-1} w^2(n) \right]^{-1}. \quad (2)$$

Зважений сегмент відліків отримаємо в результаті множення кожного сегменту  $p$  на вікно даних:

$$x^{(p)}(n) = w(n)x(pS + n), 0 \leq n \leq D - 1, \quad (3)$$

де  $w(n)$  – відліки вікна даних.

Максимальна кількість сегментів дорівнює цілій частині числа  $I+(N-D)/S$ , де  $D$  – кількість відліків в кожному сегменті; сусідні сегменти зсунені на  $S$  відліків ( $S \leq D$ );  $x(n)$ ,  $n = 0, \dots, N-1$  – вхідний сигнал довжиною  $N$ .

Отже, частотний спектр обчислено за допомогою методу Уелча без спеціальної функції вікна. В результаті було отримано спектральну щільність потужності в залежності від частоти, що показано на рис.1.

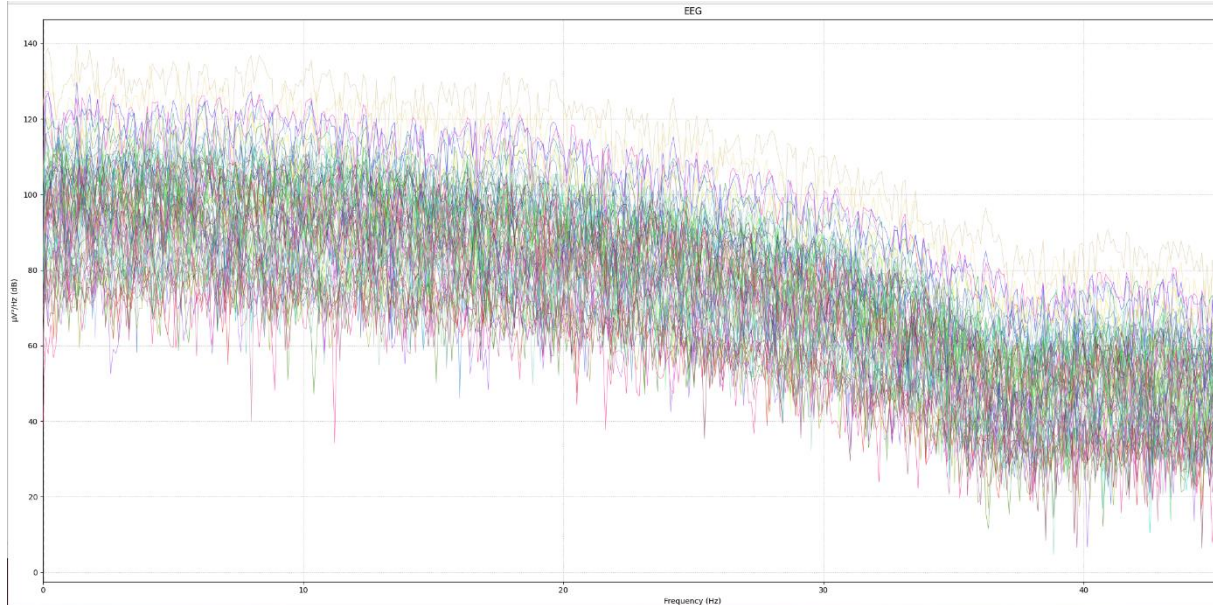


Рисунок 1. Візуалізація PSD EEG сигналу

Для моделювання НКІ використано EEG гарнітуру - Emotiv EPOC+. Гарнітура оснащена 16 датчиками, два з яких є гіроскопами, що дозволяє пристрою визначати положення голови. Інші 14 датчиків формують реальні канали, по яких дійсно йде сигнал, в свою чергу кожен датчик генерує дельта, тета, альфа, бета та гамма хвилі, тобто загальна кількість каналів дорівнює 70. Вбудовані сенсори дозволяють аналізувати людську поведінку, роботу мозку, міміку обличчя. Також дозволяє отримати ментальні команди, приймати моргання та вирази обличчя. API дає можливість розібрати хвилювання, розслаблення, стрес, залучення, інтерес, фокус.

Моделювання дало змогу оцінити спектральну щільність потужності з отриманих сигналів EEG, виділити ментальні команди та класифікувати їх.

Після цього кожен клас пов'язано з певною командою. У цьому контексті від користувача часто вимагається зосередитися на когнітивне завдання або зовнішню стимуляцію, щоб викликати реакцію мозку. Завершальним кроком є інтеграція моделі у систему нейроінтерфейсу. Інтегрована модель допомагає користувачам розпізнавати та інтерпретувати мозкову активність й перетворювати її на реальні дії, наприклад для керування курсором при роботі з ПК.

### Література

1. Thakor, N.V. Biopotentials and Electrophysiology Measurements. In Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook: Electromagnetic, Optical, Radiation, Chemical, and Biomedical Measurement, 2nd ed.; Webster, J.G., Eren, H., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2017; pp. 1–7.
2. Baniqued, P.D.E.; Stanyer, E.C.; Awais, M.; Alazmani, A.; Jackson, A.E.; Mon-Williams, M.A.; Mushtaq, F.; Holt, R.J. Brain-Computer Interface Robotics for Hand Rehabilitation after Stroke: A Systematic Review. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2021, 18, 15.