

УДК 681.518.3

М. Фриз, М. Стадник

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМ І ЗОРОВИХ ВИКЛИКАНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ

Електроенцефалограма (ЕЕГ) – електрофізіологічний сигнал, що виникає внаслідок діяльності клітин головного мозку. Частковим випадком ЕЕГ є зорові викликані потенціали (ЗВП), які є породжені лише зоровими відділами кори головного мозку. ЗВП при цьому розглядають як детермінований сигнал, який є адитивно зашумленим спонтанною ЕЕГ.

Істотним недоліком звичайного спектрального аналізу ЕЕГ, пов'язаним з усередненням дуже різноманітних даних є неможливість відрізнити одну високо амплітудну хвилю від великого числа дрібних і взагалі детектувати короточасні події. Тому актуальність математичного моделювання та вдосконалення існуючих методів аналізу ЕЕГ та ЗВП зростає, що дозволить більш точно зобразити сигнал, врахувати важливі складові, виділити інформативні ознаки, підвищити достовірність діагностики.

Найбільш поширеним методом аналізу ЕЕГ і ЗВП є аналіз у частотній області. У працях (Remond, Renault, 1972) було запропоновано розглядати ЕЕГ як послідовність, що складалася із графоелементів (елементарних патернів), сукупність яких визначає алфавіт ЕЕГ і для визначення яких використовують кластерний аналіз. При дослідженні альфа-ритму ЕЕГ, у якому відслідковується певна ритмічність, використовується модель періодично корельованого випадкового процесу. Альфа-ритм ЕЕГ, ЕЕГ у стані сну описується за допомогою процесу, що має гаусівський розподіл. У сучасних системах використовується спектральний аналіз ЕЕГ, що здійснюють у рамках кореляційної теорії. При цьому математичною моделлю ЕЕГ є ергодичний стаціонарний у широкому розумінні випадковий процес. У рамках цієї теорії оцінюють автокореляційні функції, взаємокореляційні функції сигналів, зареєстровані із різних ділянок скальпа, спектральну щільність потужності (періодограмний або корелограмний метод).

Так як ЕЕГ та ЗВП сигнал генерується випадковою дією великої кількості елементарних джерел, то у задачах вимірювання та діагностики використовують лінійний випадковий процес (ЛВП). Властивості цих процесів зумовлюються характеристиками ядра та породжуючого процесу. Для аналізу ЛВП дискретного аргументу використовують зображення у вигляді різницевого рівняння, що є послідовністю авторегресії ковзної суми (також частинні випадки: послідовність ковзної суми та авторегресії) і також застосовується для опису ЕЕГ. Однією із переваг використання цих моделей є те, що кореляційні функції та спектральна щільність потужності повністю визначається параметрами відповідних різницевих рівнянь.

Проте більшого розвитку набувають дослідження, у яких у якості моделі ЕЕГ використовують нестационарний випадковий процес. Оцінюють ступінь нестационарності або нерегулярності яким-небудь індексом. Для цієї мети використовують, зокрема, різні методи, засновані на порівнянні парних і непарних епох ЕЕГ (Chiappa, 1988), а також методи, засновані на розрахунку ентропії (Петухова і ін, 1994). Для дослідження ЕЕГ сигналу використовують сегментацію (адаптивна, топографічна, без і з використанням статистичних методів), тобто виділення із нестационарного випадкового процесу стаціонарних компонентів.