

ЛІНІЙНИЙ ВИПАДКОВИЙ ПРОЦЕС ЯК МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗОРОВОГО ВИКЛИКАНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Зоровий аналізатор – один із основних органів чуття людини, яким вона сприймає більшу частину інформації з навколишнього середовища. До новітніх методів діагностики, що використовують офтальмологи, належить реєстрація зорових викликаних потенціалів (ЗВП). Головною особливістю такої методики є те, що вона дозволяє діагностувати роботу аналізатора на усіх його рівнях (центральному, периферичному). Внаслідок цього, актуальною є проблема побудови адекватної математичної моделі ЗВП, щоб враховувала стохастичний механізм формування сигналу нейронами; циклічний характер (для усталеного типу ЗВП із частотою стимуляції 5-30 Гц); дозволяла б здійснювати імітаційне моделювання; визначати діагностичні параметри.

Кожен нейрон отримує подразнення від сусідніх. Такий процес можна представити як потік (породжуючий процес) випадкових у часі і інтенсивності імпульсів. Зорові відділи мозку при цьому будуть розглядатися як лінійна система, а ЗВП як її відгук на дію породжуючого процесу. На основі сучасних теорій генезису електричної активності мозку можна стверджувати, що у послідовні моменти часу нейрони збуджуються незалежно один від одного; в один достатньо малий проміжок часу згенерувати імпульс може лише один нейрон; ймовірність появи імпульсів від збуджених нейронів приблизно пропорційно залежить від досліджуваного часового інтервалу.

Функцію, що характеризує зміну електричного потенціалу окремого нейрона позначимо $V_k(\tau_k, t)$, де параметр τ_k – випадковий момент активації k -ого нейрона, а t – момент спостереження. На основі відомих біофізичних моделей імпульсів, що генеруються нейронами головного мозку, функцію $V_k(\tau_k, t)$ представимо у вигляді:

$$V_k(\tau_k, t) = \alpha_k \varphi(\tau_k, t), t \in (-\infty, \infty), \quad (1)$$

де

$$\varphi(\tau, t) = \begin{cases} e^{-\beta(t-\tau)} \sin(w(t-\tau)), & t \geq \tau, \\ 0, & t < \tau \end{cases} \quad (2)$$

$\alpha_k, k \in Z$ – випадкова амплітуда k -ого імпульсу, w_k – частота k -ого імпульсу, β_k – коефіцієнт затухання k -ого імпульсу.

ЗВП є сумою імпульсів (2), тому його можна описати у вигляді випадкового процесу $\xi(t)$:

$$\xi(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} V_k(\tau_k, t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \alpha_k \varphi(\tau_k, t) \quad (3)$$

Процес (3) можна записати також у вигляді:

$$\xi(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\beta(t-\tau)} \sin(w(t-\tau)) d\pi(\tau), \quad (4)$$

де $\pi(\tau)$ – узагальнений пуассонівський процес з стрибками α_k , що виникають у моменти часу $\tau_k, k \in Z$.

Процес (4) є лінійним випадковим процесом, який задовольняє поставленим вище вимогами до математичної моделі ЗВП.