

МЕТРИКА ВІДСТАНІ ДЛЯ СИГНАЛІВ ЕКГ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ФУНКЦІЇ

Ставиченко С.Г., Філатова Г.Є.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

Задача оцінки відстані між часовими рядами є фундаментальною у багатьох прикладних задачах, таких як класифікація сигналів, пошук схожих шаблонів, виявлення аномалій та передбачення майбутніх значень. Найбільш поширеними підходами до оцінки відстані між сигналами є середньоквадратична похибка (MSE) та середня абсолютна похибка (MAE). Проте ці метрики чутливі до незначних часових зсувів, що характерно для ЕКГ-сигналів із різкими піками. Для вирішення зазначеної проблеми застосовуються такі метрики як Dynamic Time Warping (DTW), або метрики, засновані на перехресній кореляції чи структурних подібностях такі як SSIM. У цій роботі запропоновано метрику відстані, що базується на статистичних характеристиках кореляційної функції (КФ) між двома сигналами. Середньоквадратичне відхилення є інваріантним до глобального часового зсуву сигналу та буде мати найбільше значення при однаковій формі зубців ЕКГ. Центр мас КФ характеризує ступень зсуву сигналу у часі. Сигнали $x(t)$ та $y(t)$ попередньо фільтруються високочастотним фільтром, вирівнюються відносно ізолінії, нормуються у діапазоні $[0, 1]$ та розділяються на додану та від'ємну складові x^+ , x^- та y^+ , y^- . Крос-кореляційні функції обчислюються окремо для кожної пари складових:

$$r(\tau) = (x^+ * y^+)(\tau) + (x^- * y^-)(\tau).$$

Далі розраховуються середньоквадратичне відхилення та зміщення центру мас r :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{\tau} (r(\tau) - \bar{r})^2}; \text{CoM} = \sum \frac{\tau r(\tau)}{r(\tau)},$$

для $-n < \tau < n$, де n – кількість відліків сигналу.

Підсумкова функція відстані має вигляд:

$$d(x, y) = \sigma + \alpha \text{CoM},$$

де α - гіперпараметр що впливає на чутливість до глобального часового зсуву сигналу.

Для оцінки поведінки різних метрик побудовано залежність значення функції відстані від ступеня часової деформації сигналу. Деформовані сигнали генеруються шляхом нелінійного масштабування часової осі з різною амплітудою викривлення. Запропонована метрика демонструє більш стабільну та гладку залежність від деформацій, ніж традиційні метрики MSE та MAE, а також DTW та кореляційні коефіцієнти. У подальшій роботі передбачається адаптація функції для використання у якості функції втрат при оптимізації параметрів нейронних мереж для підвищення якості навчання у задачах генерації та реконструкції сигналів.