

**КЛАСИФІКАЦІЯ БІОЛОГІЧНИХ СИГНАЛІВ МЕТОДОМ  
НОРМАЛІЗАЦІЇ СИГНАЛІВ ЗА КРОКОМ**

*Сушко І. О., к.т.н.; Лащевська Н. О., к.т.н.*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

Питання неінвазивного дослідження внутрішнього функціонування біологічного об'єкту (людини) є актуальною задачею на сьогоднішній день. Існує велика кількість методів та технічних реалізацій дослідження біооб'єктів за допомогою біологічних сигналів тіла та різноманіття томографічних методів [1]. Одним з методів розпізнавання (класифікації) досліджуваних біологічних сигналів є класифікація даних сигналів за обраним вектором ознак. Ефективним напрямком є використання методів класифікації сигналів за формою їх графоелементів, суть яких полягає у використанні методів нормалізації та нормального перетворення для чисельної оцінки ступеню подібності та розбіжності між сигналами [2,3]. В роботі розглянуто метод нормалізації сигналів за кроком з використанням ортогонального косинусного перетворення для класифікації біологічних сигналів на прикладі пульсової хвилі.

Суть методів нормалізації сигналів з використанням дискретних ортогональних перетворень для виявлення ступеню розбіжності досліджуваного сигналу з еталонним полягає в наступному:

1. Обрати дискретне ортогональне перетворення, що буде використовуватись в основі методу.
2. Привести еталонний сигнал до форми базової функції дискретного ортогонального перетворення.
3. За отриманим вектором ознак (п.2) скоригувати досліджуваний сигнал.
4. Виконати глобальне перетворення скоригованого досліджуваного сигналу.
5. Розрахувати ступінь розбіжності досліджуваного сигналу з еталонним за спектром досліджуваного сигналу.

Ступінь розбіжності досліджуваних сигналів з еталонним чисельно розраховується за допомогою коефіцієнту трансформант [3]:

$$k_{tr} = \sqrt{\sum_{i \neq n}^{N-1} A_i^2} / A_n \quad (1)$$

де  $A_n$  – амплітуда трансформанти (функції), за якою проводилась нормалізація,  $N$  – формат сигналу.

Для тестування методу нормалізації сигналів за кроком було обрано пульсограми людини в стані спокою, одразу після куріння та через п'ять хвилин після нього. При використанні косинусного дискретного перетворення сигнали нормуються таким чином, щоб динамічний діапазон значень складав [-1, 1].

В якості еталонного сигналу обрано математичне очікування множини пульсограм людини в стані спокою (рис. 1).

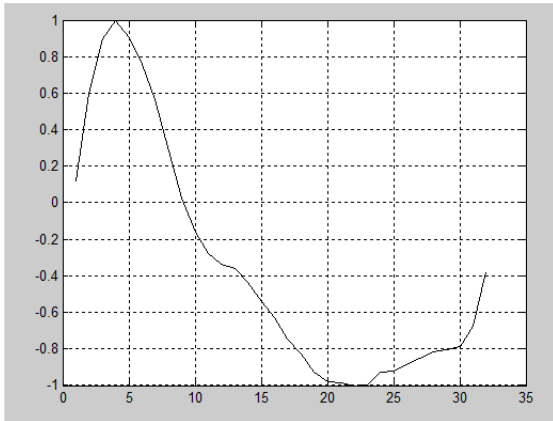


Рисунок 1. Еталонний нормований сигнал.

Алгоритм нормалізації сигналів за кроком передбачає проєціювання відліків дискретного еталонного сигналу на обрану базову функцію перетворення та створення нової «передискретизованої» матриці дискретного косинусного перетворення [4]. Спектр нормалізованого еталонного сигналу розраховується як:  $S_{et} = \overline{\overline{C}}_{S_N} \cdot \overline{x}_{et}^{-T}$ , де  $\overline{\overline{C}}_{S_N}$  – «передискретизована» матриця косинусного дискретного перетворення,  $\overline{x}_{et}$  – еталонний сигнал.

Досліджувані сигнали коригуються з урахуванням попередньо визначених нових (нееквідистантних) кроків дискретизації. Спектр еталонного сигналу має одну ненульову трансформанту та коеф. трансформант рівний 0.

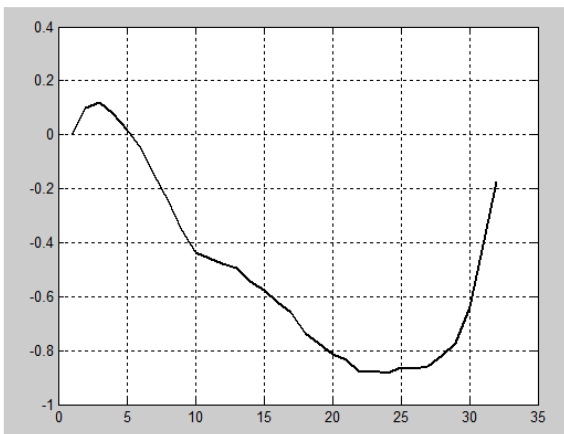


Рисунок 2. Досліджуваний сигнал (пульсограма людини після куріння).

Один з досліджуваних сигналів представлено на рис. 2. Спектр даного сигналу відрізняється від спектру еталонного сигналу наявністю додаткових ненульових трансформант. Коефіцієнт трансформант для даного прикладу складає 0,7.

Для створення класифікатора, що буде виявляти приналежність досліджуваної пульсограми до класу пульсограм здорової людини в стані спокою необхідно виконати наступні кроки [4]:

1. За вибіркою сигналів, що входять до даного класу розрахувати еталонний сигнал – математичне очікування вибірки.
2. Провести передискретизацію сигналу у відповідності до обраної функції ортогонального перетворення, створити нормалізовану матрицю дискретного перетворення та визначити за нормалізованим еталонним сигналом кроки дискретизації.
3. Визначити спектри нормалізованих за кроком сигналів (з урахуванням нових кроків дискретизації), що входять до даного класу. В даному прикладі – пульсограми людини в стані спокою.

$$S_{dosl} = \overline{\overline{C}}_{S_N} \cdot \overline{x}_{dosl}^{-T} \quad (3)$$

де  $\overline{x}_{dosl}$  – нормалізований за кроком досліджуваний сигнал.

1. Визначити коефіцієнти трансформант для сигналів класу та за максимальним значенням встановити граничне значення класу  $k_{tr.max}$ .

2. Досліджувані сигнали нормалізувати за кроком та обчислити спектри за (3). Визначити коефіцієнти трансформант.

3. Провести класифікацію:  $k_{tr.dosl} > k_{tr.max}$  – сигнал не належить до даного класу;  $k_{tr.dosl} < k_{tr.max}$  – сигнал належить до даного класу;  $k_{tr.dosl} = k_{tr.max}$  – необхідно провести додаткові дослідження.

Для даного прикладу при створенні класифікатора для пульсограм за наявними пульсограмами людини в стані спокою було встановлено границю класу з коефіцієнтом трансформант 0,5787.

Пульсограми людини після куріння і через 5 хвилин після куріння були використані в якості досліджуваних сигналів.

Розрахунки підтвердили працездатність методу нормалізації сигналів за кроком з використанням дискретного косинусного перетворення та можливість його використання для класифікації сигналів. Коефіцієнти трансформант досліджуваних сигналів виявились більшими границі класу, тобто дані пульсограми не входять в множину пульсограм здорової людини в стані спокою. Даний метод має переваги в порівнянні з методом нормалізації сигналів за рівнем та нормальним перетворенням [2], а саме – можливість використання сигналів з нульовими відліками.

#### **Перелік посилань**

1. Абакумов В.Г. Біомедичні сигнали (генезис, обробка, моніторинг) (Навчальний посібник з грифом МОН України) / В.Г. Абакумов, О.І. Рибін.– Київ: Нора –Прінт, 2001, 516с.

2. Мельник А.Д. Нормализация эталонного сигнала с постоянным шагом дискретизации./ Рыбин А.И. // Радиоэлектроника.– 2008.– №1. – с.71 – 75 (Изв. высш. учеб. заведений).

3. Рыбин А. И. Анализ подобия и различия образов с использованием нормального ортогонального преобразования/ А. И. Рыбин, Ю. Х. Нижебецкая // Радиоэлектроника. — 2010. — Т. 53, № 3. — с. 58–64. (Изв. высш. учеб. заведений).

4. Сушко И.А. Классификация одно- и двумерных сигналов методами нормализации и нормального преобразования / И.А. Сушко, А.И.Рыбин, А.Д. Мельник, Ю.Х. Нижебецкая, С.Н. Литвинцев // Радиоэлектроника. — 2016. — Т. 59, № 1. — с. 34–45. (Изв. высш. учеб. заведений).

#### **Анотація**

В роботі представлені результати застосування методу нормалізації сигналів за кроком з використанням косинусного дискретного перетворення для класифікації сигналів на прикладі пульсограм здорової людини в стані спокою та пульсограм після куріння.

**Ключові слова:** класифікація та нормалізація сигналів, коефіцієнт трансформант.

#### **Аннотация**

В работе представлены результаты применения метода нормализации сигналов по шагу с использованием косинусного дискретного преобразования для классификации сигналов на примере пульсограмм здорового человека в состоянии покоя и пульсограмм после курения.

**Ключевые слова:** классификация и нормализация сигналов, коэффициент трансформант.

#### **Abstract**

The results of using the signal normalisation method by step with cosine discrete transformation for signal classification is represented. There are pulsograms of a healthy person in a state of rest and pulsograms after smoking as example.

**Keywords:** signal classification, signal normalization, transform coefficient.