

ВИКОРИСТАННЯ ОРТОГОНАЛЬНИХ НАБЛИЖЕНЬ ПРИ ОБРОБЦІ БІОСИГНАЛІВ

Король О.М., здобувач; Данильчук М.М., доц., к.т.н.
(Вінницький державний технічний університет, Україна)

Для обробки біосигналів пропонується застосовувати степеневі ортогональні поліноми, де наближення в ортогональному базисі відбувається за методом найменших квадратів. Згладжуваний сигнал представляється узагальненим рядом Фур'є [1]:

$$f_n(x) = \sum_{k=0}^n C_k P_k(x),$$

де C_k - коефіцієнти апроксимації;

$P_k(x)$ - базисний поліном, що належить ортогональній системі.

Система ортогональних поліномів $\{P_k\}$, яку вибирають для апроксимації, повинна забезпечувати швидку збіжність ряду Фур'є (тобто швидке зменшення похибки з кожним коефіцієнтом) та бути зручною для обчислень [2]. Цим вимогам, зокрема, для широкого класу гладких функцій задовольняють поліноми Лежандра $P_k(x)$. Вони являють собою повну ортогональну систему степеневих поліномів з ваговою функцією $\rho(x) \equiv 1$ при $x \in (-1,1)$ [3].

Одним з методів обробки біосигналів з метою зменшення рівня шумів є ковзне згладжування, суть якого зводиться до наступного: для вибраної точки з номером p зліва та справа вибирається ще кілька точок. Сукупність всіх точок називають базою згладжування. Далі обробляються координати точок бази, в результаті чого визначаються нові згладжені значення однієї чи кількох точок з числа тих, що оброблялись. База згладжування може бути симетричною чи несиметричною відносно точки p . Для згладжування застосовують різноманітні усереднювальні процедури, і так як ортогональна апроксимація базується на усереднювальних процедурах, вона може дати позитивні результати для згладжування.

Ковзна точка змінюється від $m_{\text{поч}}$ до $m_{\text{кін}}$: $m_{\text{поч}} \leq p \leq m_{\text{кін}}$. Для кожного p вибираються точки від $p-m$ до $p+m$, тобто $2m+1$ точка складають базу. Коефіцієнти розкладу визначаються за формулою:

$$C_k = \sum_{i=0}^{2m} f_{p-m+i} P_{ki}, k = 0, 1, \dots, n$$

де P_{ki} – значення ортогональних поліномів на дискретній ґратці. Так як база при згладжуванні залишається незмінною, то система поліномів на дискретній ґратці P_{ki} $i=0, 1, \dots, 2m$, $k=0, 1, \dots, n$ генерується один раз, а потім використовується в алгоритмі для всіх точок.

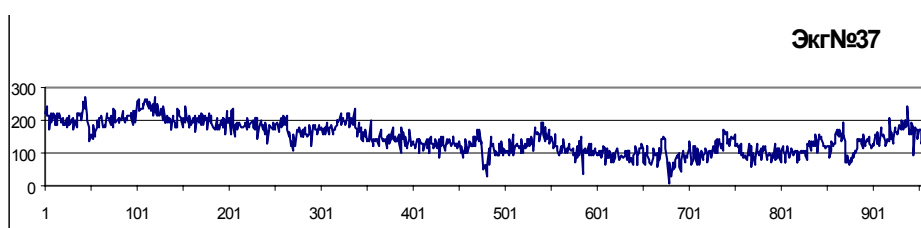
Далі знаходимо значення згладженого сигналу в точці f_p^* за формулою:

$$f_p^* = \sum_{k=0}^n C_k P_{km}$$

Провівши ряд перетворень, отримаємо:

$$f_p^* = \sum_{i=0}^{2m} w_i f_{p-m+i}, m_{\text{поч}} \leq p \leq m_{\text{кін}}$$

Для перевірки алгоритму програмою був оброблений електрокардіосигнал, що початково мав великий рівень шумів. База дорівнювала 13, а $n=4$ та $n=6$. Результати наведені на рисунку.



a)
б)
в)

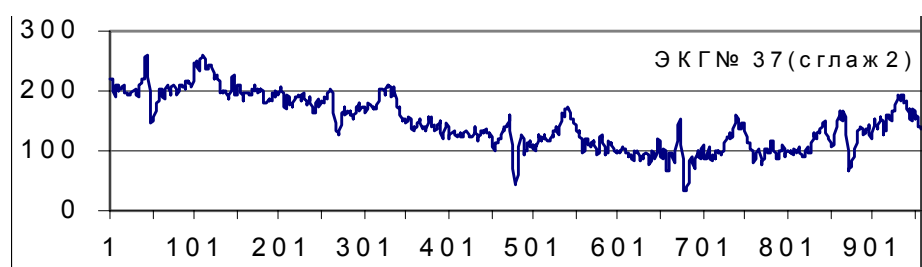
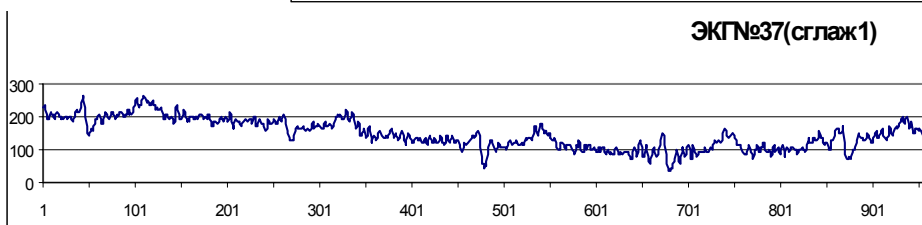


Рисунок 1 – Згладжування ЕКС з великим рівнем шумів. Очевидно, що при $n=m/2=6$ процедура згладжує лише швидшвидкозмінні складові. Ефект згладжування ще досить невисокий (рис 1, б). При $n=4$ згладжу

вання візуально виглядає добре. При цьому збережені основні деталі ЕКС (рис 1, в). Для обох значень n спостерігається згладжування шумів при доброму відтворенні зубців ЕКС. Встановлено, що зменшення n на 2 істотно покращує згладжування, не змінюючи зубців ЕКГ.

Пропонується також застосовувати ковзне згладжування для виявлення характерних елементів кардіосигналу. З цією метою досліджується поведінка коефіцієнтів, що розраховуються при ковзному згладжуванні.

Висновки.

Застосування ортогональних наближень для обробки електрокардіосигналів:

1) Дає прості оператори перетворення, які дозволяють контролювати похибку в процесі обчислень.

2) Процедура ковзного згладжування, основана на ортогональній апроксимації, є простою та ефективною.

3) Згладжування зберігає характерні елементи електрокардіосигналу.

4) Середньоквадратичний характер наближення робить перетворення малочутливим до випадкових шумів.

5) З'являється можливість виявити характерні елементи електрокардіосигналів, тому що кожен коефіцієнт розкладу, який обчислюється при ковзному згладжуванні, реагує лише на конкретну складову сигналу. Особливо яскраво це проявляється на прикладі зашумлених сигналів, де розпізнавання QRS-комплексів неможливе ні візуально, ні апаратно, а коефіцієнти чітко вказують на наявність характерних ділянок та точок електрокардіосигналу.

1. Пашковский С. Вычислительное применение полиномов и рядов Чебышева. Пер. с польск. – М.: Наука, 1982. – 384 с.

2. Данильчук Н.М. Исследование методов и разработка устройств преобразования в информационно-измерительных системах: Дис. ... канд. техн. наук. – Винница, 1984.

3. Суетин П.К. Классические ортогональные многочлены. – М.: Наука, 1976. – 416 с.