

КЛАСИФІКАЦІЯ БІОЛОГІЧНИХ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СІМЕЙСТВА НОРМАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

*Рибін О. І., д.т.н., проф.; Сушко І. О. аспірант;
Чекерис І. О.; Літвінцев С. М.*

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Класифікація сигналів за формою їх графоелементів знаходить широке застосування в сучасній радіотехніці, медицині, криміналістиці тощо [1–3]. Стан здоров'я людини відображається на формі біологічних сигналів. Так, наприклад, робота серцево-судинної системи людини, її стан має своє відображення на формі пульсової хвилі та кардіограми.

Існують типові форми викривлення сигналу ЕКГ – розкол *R*-зубця, випадіння *QRS*-комплексу, збільшення амплітуди *U*-зубця сигналу. Така зміна форми сигналу (спотворення) на ранніх стадіях захворювання може проявитись лише, наприклад, на одному періоді сигналу з тисячі. Зазвичай відмінність у формі сигналу пульсової хвилі при наявності певних патологій (на ранніх стадіях захворювання) є незначною у порівнянні до форми сигналу пульсової хвилі людини в здоровому стані та у стані спокою. Тому класифікація біологічних сигналів здорової людини (сигнал – еталон) та людини з певними захворюваннями (патологіями) (досліджувані сигнали), тобто виявлення відмінностей між ними, є задачею актуальною.

Серед методів класифікації найбільш простими (та такими, що дають чисельну оцінку відстані між еталоном та досліджуваним сигналом) є методи, в основі яких лежить нормальне дискретне ортогональне перетворення [5–7]. Дискретне нормальне перетворення еталону містить в спектрі лише одну ненульову складову (трансформанту) A_1 . Досліджуваний сигнал (певною мірою відмінний від еталону) має спектр, який у загальному випадку має усі ненульові трансформанти (складові) A_i . Ступінь подібності досліджуваного сигналу до еталону в цьому разі можна чисельно оцінити за допомогою коефіцієнта трансформант [8], який є подібним до коефіцієнта гармонік, обчислюваного для оцінки ступеню спотворення гармонічного сигналу (еталону)

$$k_{tr} = \sqrt{\sum_{i=2}^{i=N} A_i^2} / A_1, \quad (1)$$

де A_i — амплітуда i -ї трансформанти; N — формат перетворення.

Для класифікації сигналів було розглянуто нормальне ортогональне перетворення, що будується на основі ортогональних другого порядку $W_1^{(2)}$, які утворюються з відліків сигналу-еталону []. В цьому разі загальне перетворення має вигляд

$$\overline{\overline{W}}_N = \overline{\overline{W}}_k \cdot \overline{\overline{W}}_{k-1} \cdot \dots \cdot \overline{\overline{W}}_1, \quad (2)$$

де $\overline{\overline{W}}_N$ — загальне нормальне перетворення, $\overline{\overline{W}}_k$ — нормальне перетворення сигналу на k -ому кроці при форматі сигналу 2^k .

В роботі запропоновано використання нормальних перетворень, що будуються на основі ортогональних матриць четвертого $W_1^{(4)}$ та восьмого $W_1^{(8)}$ порядків (3), що дозволяє в декілька разів скоротити час створення класифікатора у порівнянні до нормального перетворення (2).

$$W_1^{(2)} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 \\ -x_2 & x_1 \end{bmatrix} \quad W_1^{(4)} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ x_2 & -x_1 & -x_4 & x_3 \\ x_3 & x_4 & -x_1 & -x_2 \\ x_4 & -x_3 & x_2 & -x_1 \end{bmatrix}$$

$$W_1^{(8)} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 & x_6 & x_7 & x_8 \\ x_2 & -x_1 & -x_4 & x_3 & -x_6 & x_5 & x_8 & -x_7 \\ x_3 & x_4 & -x_1 & -x_2 & -x_7 & -x_8 & x_5 & x_6 \\ x_4 & -x_3 & x_2 & -x_1 & -x_8 & x_7 & -x_6 & x_5 \\ x_5 & x_6 & x_7 & x_8 & -x_1 & -x_2 & -x_3 & -x_4 \\ x_6 & -x_5 & x_8 & -x_7 & x_2 & -x_1 & x_4 & -x_3 \\ x_7 & -x_8 & -x_5 & x_6 & x_3 & -x_4 & -x_1 & x_2 \\ x_8 & x_7 & -x_6 & -x_5 & x_4 & x_3 & -x_2 & -x_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

де x_i — i -ий відлік еталонного сигналу.

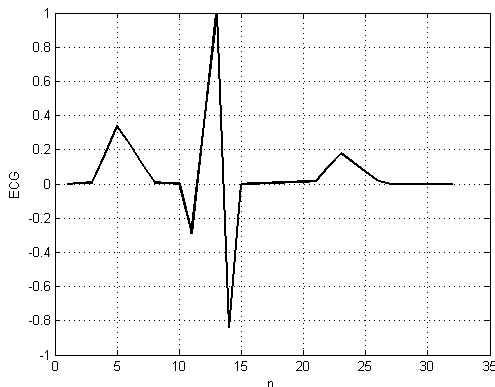


Рисунок 1. Апроксимована функція ЕКГ сигналу.

Було проведено комп'ютерне моделювання знаходження спектрів за допомогою нормальних перетворень з матрицями $W_1^{(2)}$ та $W_1^{(8)}$ в основі. В якості еталонного сигналу було обрано апроксимовану функцію ЕКГ сигналу з 32 дискретних відліків (рис.1), в якості досліджуваного сигналу обрано ЕКГ сигнал зі спотвореною формою сигналу (амплітуда R-зубця зменшена на 10%).

Спектри досліджуваних сигналів, як і очікувалось, мають додаткові ненульові трансформанти малої амплітуди (5 -10% від A_1).

Коефіцієнт трансформант, обчислений для спектрів обох перетворень, як і очікувалось, виявився однаковим та рівним $k_{tr} = 0.0522$.

Отже, існує сімейство ортогональних нормальних перетворень, що дозволяють класифікувати сигнали.

Переваги та недоліки кожного з перетворень можна оцінити в процесі класифікації, що буде зроблено в подальших роботах.

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. Продеус А.Н. Экспертные оценки в медицине: Учебное пособие / А.Н. Продеус, Е.Н. Захарова.– К.: ТОО «ВЕК+», 1998.–318 с.

3. Продеус А.Н. О влиянии алгоритмов спектрального анализа на эффективность распознавания / А.Н. Продеус, В.П. Чередниченко / Вопросы кораблестроения. Сер. Акустика.–1984.– вып.32.– С.79–82.

4. Рибін О.І. Нормальне дискретне ортогональне перетворення / О.І. Рибін, Ю.Х. Ніжебецька // Вісник НТУУ»КПІ» . Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування .– 2008.– №37.– С.8– 15.

5. Рибін О.І. Алгоритм формування матричного оператора дискретного нормального перетворення / О.І. Рибін, Ю.Х. Ніжебецька // Вісник НТУУ»КПІ» . Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування .– 2008.– №36.– С.19– 27.

6. Рыбин А.И. Анализ подобия и различия образов с использованием нормального ортогонального преобразования / А.И. Рыбин, Ю.Х. Нижебецкая // Радиоэлектроника – 2010.– №3.– С. 58 – 64 (Изв. вузов).

Анотація

Запропоновано сімейство нормальних ортогональних перетворень для класифікації сигналів. Представлені результати класифікації сигналів за допомогою нормальних перетворень, що мають в основі ортогональні матриці другого та восьмого порядків.

Ключові слова: класифікація, трансформанта, ортогональне перетворення.

Аннотация

Предложено семейство нормальных ортогональных преобразований для классификации сигналов. Представлены результаты классификации сигналов с помощью нормальных преобразований, в основе которых лежат ортогональные матрицы второго и восьмого порядков.

Ключевые слова: классификация, трансформанта, ортогональное преобразование.

Abstract

The class of normal orthogonal transformations for signal classification is proposed. The results of signal classification using normal transformations with orthogonal eighth-order and second-order matrices are presented.

Keywords: classification, transform, orthogonal transformation.