

## БАГАТОВІКОННА ОЦІНКА СПЕКТРА СИГНАЛА ДЛЯ ПОРОГОВОГО МЕТОДУ

*Квстний Роман, Кулик Ярослав*

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Отримано новий адаптивний пороговий метод, який дозволяє виконувати точніше оцінку спектра сигналу на основі використання багатовіконної функції. Проведене моделювання довело ефективність данного методу. Новий метод вперше виконує грубу оцінку спектральної функції сигналу, і використовує її для зміни порогового коефіцієнта для очищення від шумів через вейвлет-коефіцієнти в логарифмічній області.*

### Annotation

*A new adaptive threshold method which allows execute more precisely the estimation of spectrum of signal on the basis of the use of multiwindow function is got. The efficiency of this method has proved by using modeling. A new method which the first executes the rough estimation of spectral function of signal, and utillizes it for the change of threshold coefficient for cleaning from noise through wavelet-coefficients at a logarithmic area.*

### Вступ

Класичні алгоритми обробки сигналів часто вимагають використання хорошої оцінки енергетичного спектру в короткий час, наприклад, методи часових рядів. Проте, добре відомо, що традиційні методи часових рядів схильні створювати велику дисперсію, що призводить до так званого "музичного шуму" при використанні їх для аналізу сигналів. Музичний шум викликають хаотично розміщених спектральних сплесків, які виникають в кожному вікні на випадкових частотах. Щоб зменшити музичний шум, запропонований багатовіконна оцінка спектра з малою дисперсією для очищення від шумів.

### Використання багатовіконної функції для оцінки спектра сигналу

Для покращення спектральної оцінки запропоновано використовувати методи очищення від шумів до логарифмічної багатовіконної оцінки спектра. Завади (або помилка оцінки) залежить від режиму віконної обробки. Функція розподілу ймовірності для багатовіконної оцінки спектра, тобто  $\hat{S}^{MT}(k)$  до реального спектру,  $S(k)$ , може бути апроксимоване, як

$$v(k) \equiv \frac{\hat{S}^{MT}(k)}{S(k)} \approx \frac{\chi_{2L}^2}{2L}, \quad (1)$$

де -  $\chi_{2L}^2$  розподіл хі-квадрат зі ступенем свободи  $n$ .

Беручи логарифм від багато віконної оцінки спектра

$$\log \hat{S}^{MT}(k) = \log S(k) + \log v(k) \quad (2)$$

Тому логарифмічний багатовіконний спектр еквівалентний, сумі реального логарифмічного спектру та шумової складової з розподілом хі-квадрат. Якщо  $L$  складає не менше 5, розподіл  $\log v(k)$  може бути апроксимований як нормальний розподіл з математичним сподіванням  $\psi(L) - \log L$  і дисперсією  $\psi'(L)$ , де  $\psi(L)$  позначає дигамма-функцію, а  $\psi'(L)$  позначає тригамма функцію. Таким чином, випадкова змінна

$$\eta(k) \equiv \log(v(k)) - \psi(L) + \log(L) \quad (3)$$

буде апроксимована Гауссіаном, розподілим між нульовим математичним сподіванням і дисперсією  $\psi'(L)$ . Визначаючи нову функцію  $Z(k)$  як

$$Z(k) = \log \hat{S}^{MT}(k) - \psi(L) + \log(L), \quad (4)$$

$$Z(k) = \eta(k) + \log S(k) \quad (5)$$

Логарифмічна енергія багатовіконного спектра безпосередньо пропорційна до суми реальної логарифмічної енергії спектру і шуму, близьким до Гаусівського  $\eta(k)$  з нульовим математичним сподіванням і дисперсією  $\psi'(L)$ . Метод порогової обробки вейвлет-коефіцієнтів був запропонований для усунення завад для того, щоб отримати кращу оцінку логарифмічної енергії реального спектра. Спочатку очищення від шумів, виконується на логарифмічній оцінці багатовіконного спектру зашумленого сигналу  $\log(S_y^{MT}(k))$  логарифмічної оцінці багатовіконного спектру шуму  $\log(S_n^{MT}(k))$ , щоб оцінити дійсний енергетичний спектр спостережуваного сигналу  $s_y$  і шуму  $s_n$  відповідно.

Локальна дисперсія багатовіконної оцінки спектра завади в логарифмічній області може істотно змінитися залежно від величини основної енергії спектру сигналу. Щоб продемонструвати це явище, змодельємо багатовіконну оцінку спектра зашумленого мовного сигналу як суму випадкової змінної  $t$ , який представляє багатовіконна оцінка спектра завади, і детермінований параметр  $q$  - багатовіконну оцінку спектру сигналу. Тому логарифмічну багатовіконну оцінку спектра зашумленого сигналу можна записати:

$$z = \log(t + q) \quad (6)$$

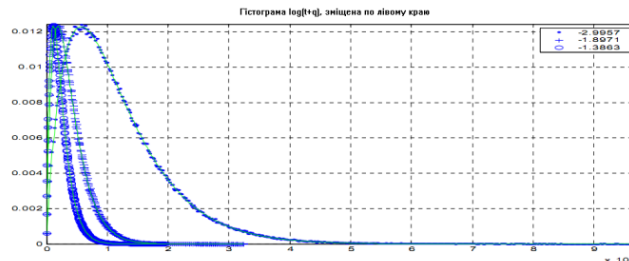


Рисунок 1 – Функція логарифмічного спектру  $z = \log(t + q)$

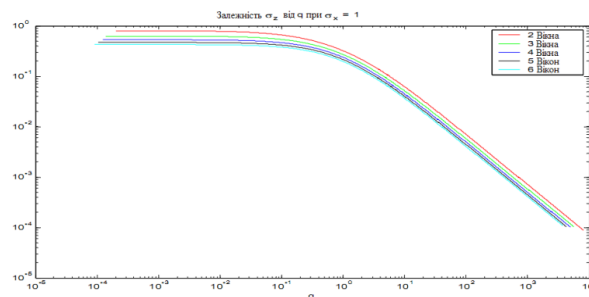


Рисунок 2 - Відношення  $q$  до середнього квадратичного відхилення  $\sigma_z$  функції  $z = \log(t + q)$

Рисунок 1 показує результуючий розподіл  $z$  для різних значень  $q = 0.05, 0.15, 0.25$ , коли  $k$  в межах полоси пропускання. Гладкі лінії представляють результати, використовуючи теоретичні дані з рівняння. Точки - результати моделювання. Характеристики вирівняні по лівому краю для кращої візуалізації. Можна побачити, що дисперсія розподілу  $\sigma_z^2$  зростає при зменшенні  $q$ . Рисунок 2 показує це відношення для ширшого діапазону  $q$  з 2 до 6 синусних вікон.

Цей результат очікуваний, оскільки логарифмічне перетворення стискає сигнали великої амплітуди у вищому співвідношенні, ніж сигнали з меншою амплітудою. Тому завада на сигналі з більшою амплітудою, буде сильніше подавлена, тому для очищення від шумів логарифмічна оцінка спектру адаптивний метод для дає кращі результати.

Рисунок 2 показав що середньоквадратичне відхилення  $z$  змінюється при зміні  $q$ , тому згладження логарифмічної оцінки багатовіконного спектру традиційними методами очищення від шуму, як наприклад зрізання вейвлет-коефіцієнтів, використовуючи постійний пороговий коефіцієнт, часто занадто сильно згладжує великі значення амплітуди, але не може повністю видалити маленькі випадкові піки, які потім складаються в музичний шум. Адаптивний пороговий коефіцієнт, який коректується згідно величині оцінки багатовіконного спектру сигналу дає більше можливостей.

Послідовність дій для використання методу:

– 1) Припустимо, що потужність шуму відома (наприклад, від неінформаційних областей зашумленого сигналу), створимо характеристику, як на рисунку 2.

– 2) Повторимо операцію для кожного вікна зашумленого сигналу.

1.1. Обчислимо багатовіконну оцінку спектра спостережуваного сигналу  $u$ , використовуючи (1).

1.2. Обчислимо  $J$  етапів дискретного вейвлет-перетворення багатовіконою оцінки спектра  $\{c_{j,k}^S, w_{j,k}^S\}$  і логарифмічної багатовіконою оцінки спектра  $\{c_{j,k}^{IS}, w_{j,k}^{IS}\}$ , використовуючи ортогональні вейвлет-коефіцієнти з найменшою асиметрією.

1.3. Оцінимо значення  $q_{j,k}$ , використовуючи (6) і отримуючи  $\sigma_z$  спостерігаючи за характеристикою, отриманою на етапі 1.

1.4. Виконаємо зрізання  $w_{j,k}^{IS}$  з (4).

1.5. Виконаємо зворотних дискретних вейвлет-перетворення очищених від шуму коефіцієнтів  $\{c_{j,k}^{IS}, w_{j,k}^{IS}\}$ .

1.6. Виконання експоненціювання відновленого спектру і обчислення  $g(w)$ , використовуючи (4) або (5).

1.7. Застосування  $g(w)$  для дискретного перетворення Фур'є  $u$ , для отримання  $y$ .

1.8. Відновлення збільшений сигнал, використовуючи зворотне швидке перетворення Фур'є з методом перекриття і додавання.

## **Висновки**

Отримано новий адаптивний пороговий метод, який вперше виконує грубу оцінку спектральної функції сигналу, і використовує її для зміни порогового коефіцієнта для очищення від шумів через вейвлет-коефіцієнти в логарифмічній області. Результати моделювання показують, що при застосуванні запропонованого алгоритм в більшості випадків кращі, ніж при використанні традиційних методів порогової обробки.

## **Список використаних джерел:**

1. Donoho, D.L. (1995), "De-Noising by soft-thresholding", IEEE Trans. on Inf. Theory, vol.41,3,pp.613-627.

2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. — М.: Техносфера, 2005.  
— 1072 с.