

УДК 621.396.62

О.І. Стрелков, В.І. Барсов, Є.О. Соломко

*Українська інженерно-педагогічна академія, Харків*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ АЛГОРИТМУ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ WAVELET ДО ВПЛИВУ ЗАВАД ВИПАДКОВОГО ХАРАКТЕРУ**

*Запропоновано критерії, що дозволяють оцінити стійкість до впливу завад випадкового характеру алгоритму стиснення зображень Wavelet.*

*стиснення, алгоритм Wavelet, відношення сигнал/шум, коефіцієнт стиснення, випадкова завада*

### **Поягнанка проблеми**

Різноманіття алгоритмів і форматів, які застосовуються для кодування зображень дозволяє успішно, з урахуванням якості зображення, рівня завади, типу каналу передачі й інших факторів, вирішувати різні за цілями задачі. Особливий інтерес викликає дослідження впливу перешкод на ефективність роботи

алгоритмів компресії –декомпресії. Рішення даної задачі складається з декількох етапів, що включають накладення на вихідне зображення без стиснення випадкової завади з заданою амплітудою, стиснення зашумленого зображення та наступна його декомпресія. При цьому оцінюється зображення до, та після стиснення, можливість відновлення початкового

зображення після декомпресії, а також порівняння параметрів розподілу початкового зображення і зображення отриманого після декомпресії.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Широко використовують алгоритм стиснення Wavelet (стандарт JPEG-2000). Цей вид архівації відомий досить давно й орієнтований він, як на кольорові так і чорно-білі зображення з плавними переходами [1]. Коефіцієнт стиснення задається і змінюється в межах 5-100. При великому коефіцієнті стиснення на різких границях, що особливо проходять по діагоналі, виявляється “східцевий ефект” — східці різної яскравості розміром у декілька пікселів [2].

На практиці стиснення зображень застосовуються в умовах великого відношення сигнал/шум, але зустрічаються ситуації, коли необхідно провести стиснення в умовах малого відношення сигнал/шум. Тому досить актуальними є дослідження, спрямовані на оцінку впливу завади на стиснення зображення [3].

**Мета статті** – дослідження впливу перешкоди на стиснення зображення за допомогою алгоритму Wavelet (стандарт JPEG-2000), при різних відношеннях сигнал/шум.

**Виклад основного матеріалу.**

В даній статті запропоновані критерії оцінки алгоритму стискування зображень Wavelet (JPEG-2000) в умовах впливу випадкового шуму. Ідея алгоритму полягає у тому, що у файлі зберігаються середні значення блоків зображення і різниця між середніми значеннями сусідніх блоків у зображенні (звичайно приймають значення, близькі до 0). Крім того, якщо зображення має великий розмір, то воно розбивається на частини [4].

Використовуючи імітаційне моделювання було сформовано тестове зображення (зображення-сигнал), що являло собою квадрат 50 на 50. У дане зображення містився квадрат 4 на 4 пікселі з рівнем сигналу  $\bar{U}_C = 10$ . Реалізація зображення-сигналу представлена на рис. 1, а.

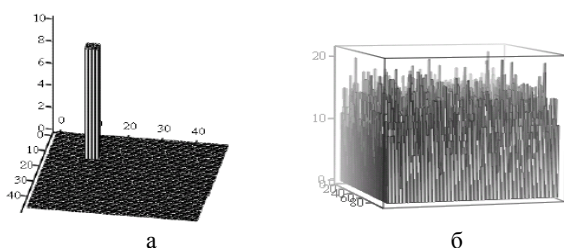


Рис. 1. Зображення-сигнал – а; зображення-шум – б

Також було сформовано зображення-шум, що представляло собою квадрат 50 на 50 пікселів елементи якого були сформовані випадковою функцією розподіленої за законом Пуасона із середнім  $\lambda_{III} \neq 0$ . Реалізація зображення-шум представлена на рис. 1, б.

Оцінка алгоритму вироблялася за якістю зображення, що представляла собою адитивну суміш

зображення-сигналу і зображення-шуму. Якість початкового зображення сигнал+шум порівнювалася з якістю відновленого зображення сигнал+шум при різних значеннях  $\lambda_{III}$  шуму.

На рис. 2 приведена технічна реалізація початкового і відновленого зображень сигнал+шум при значенні  $\lambda_{III} = 9$ .

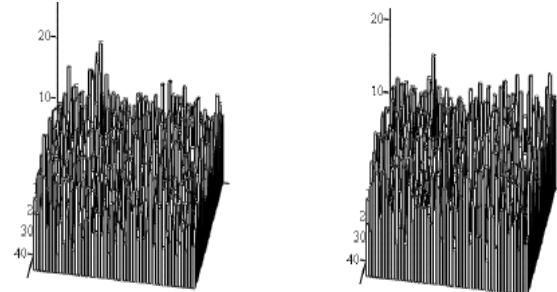


Рис. 2. Технічна реалізація зображень сигнал+шум: а – початкового; б – відновленого

Аналіз отриманих результатів засвідчив, що при значному рівні завади якість відновленого зображення сигнал+шум значно погіршується, зокрема відношення сигнал+шум. Для подальшої оцінки алгоритму WAVELET було проведено кореляційне відновлення сигналу. Використовуючи вираз (1) розраховувалася кореляційна матриця, елементи якої містили обчислені значення кореляційного інтеграла для строба розміром 4 на 4 пікселя.

$$Y(x_i, y_i, t_i) = \iiint S(x - x_i, y - y_i, t - t_i) \cdot n(x, y, t) \cdot dx \cdot dy \cdot dt \quad (1)$$

де  $n(x, y, t)$  – реалізація;  $S(x - x_i, y - y_i, t - t_i)$  – очікуваний сигнал відповідного зображення.

На рис. 3 наведені графіки залежності кореляційного інтеграла, що характеризують відновлюваність інформації для вихідного і відновленого зображень при значенні  $\lambda_{III} = 9$ .



Рис. 3. Графік кореляційного інтеграла

Порівняльний аналіз отриманих результатів показав, що при значному рівні завади відновлюваність зображення за допомогою кореляційного виявлення сигналу має тенденцію до погіршення. Тобто, чим більше  $\lambda_{III}$  шуму тим гірше відновлюваність графічної інформації після декомпресії стиснутого зображення.

Було проведено дослідження компресії (при різних коефіцієнтах стиснення) і декомпресії зображення-сигналу і зображення-шуму (при різних значеннях  $\lambda_{\text{ш}}$ ). Розрахунок параметрів розподілу вироблявся з використанням виразів розрахунку дисперсії (2) і середнього значення (3) для випадків початкового зображення і відновленого зображення.

$$D = \frac{1}{(m-1)(n-1)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (S_{i,j} - \bar{S})^2, \quad (2)$$

де 
$$\bar{S} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{i,j}. \quad (3)$$

На рис. 4 наведені графіки порівняння дисперсії і середнього значення для зображення-сигналу і зображення-шуму при різному ступені стиску для випадків початкового зображення і відновленого зображення.

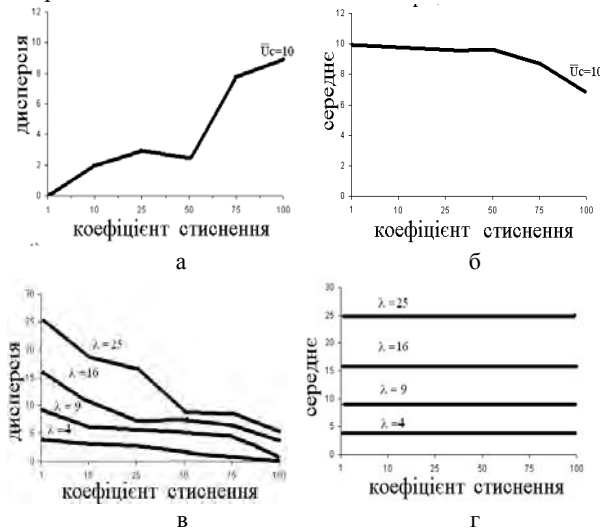


Рис. 4. Графіки порівняння дисперсії (а, в) і середнього значення (б, г) для тестового зображення і зображення-шуму

Аналіз даних графічних залежностей показав, що при збільшенні ступеня стиснення середнє значення сигнального компонента зображення-сигналу зменшується, у той же час середнє значення для зображення-шуму зі зростом ступеня стиску практично не змінюється при будь-яких значеннях  $\lambda_{\text{ш}}$ . З аналізу графіка дисперсії випливає, що при збільшенні ступеню стиснення дисперсія сигнального компонента зображення-сигналу збільшується, у той же час дисперсія для зображення-шуму з ростом ступеня стиснення зменшується при будь-яких значеннях  $\lambda_{\text{ш}}$ .

Далі, використовуючи отримані результати був знайдений графік (рис. 5) залежності відношення сигнал/шум ( $\phi$ ) від ступеня стиснення зображення використовуючи наступний вираз:

$$\phi = \bar{U}_C / \sqrt{D_C + D_{\text{ш}}}, \quad (4)$$

де  $D_C$  – дисперсія сигнальної компоненти тестового зображення;  $D_{\text{ш}}$  – дисперсія зображення-шуму.

Отримані результати показали, що при збільшенні ступеня стиснення відношення сигнал/шум зменшується при будь-яких значеннях  $\lambda_{\text{ш}}$ .

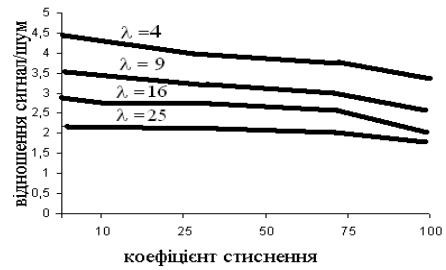


Рис 5. Графік залежності відношення сигнал/шум від ступеня стиснення зображення

Отже, оптимальне стиснення алгоритм забезпечує при малих значеннях коефіцієнта стиснення (менше 25), тому що відношення сигнал/шум на зазначеному відрізку зменшується на 10% від вихідного відношення сигнал/шум.

## ВИСНОВКИ

У результаті досліджень можливостей алгоритму Wavelet при стисненні зашумленого зображення було встановлене наступне:

- при значному рівні завади якість відновленого зображення значно погіршується;
- при значному рівні завади відновлюваність зображення за допомогою кореляційного відновлення значно погіршується.
- при збільшенні ступеня стиснення середнє значення сигнального компонента тестового зображення зменшується, у той же час середнє значення для зображення-шуму з ростом ступеня стиснення практично не змінюється при будь-яких значеннях  $\lambda_{\text{ш}}$ .
- при збільшенні ступеня стиснення дисперсія сигнального компонента тестового зображення збільшується, у той же час дисперсія для зображення-шуму з ростом ступеня стиснення зменшується при будь-яких значеннях  $\lambda_{\text{ш}}$ .
- при збільшенні ступеня стиснення відношення сигнал/шум зменшується при будь-яких значеннях  $\lambda_{\text{ш}}$ .

Бачиться актуальним досліджувати умови і можливість застосування алгоритму Wavelet для виявлення й оцінки параметрів сигналу на фоні різноманітних за своєю природою завад.

## Список літератури

1. Ватолин Д.С. Алгоритмы сжатия изображений: Методическое пособие. – М.: Наука, 1999. – 76 с.
2. Д.Сэломон, Сжатие данных изображения и звука. – М.: Наука, 2004. – 368 с.
3. Diego Santa-Cruz and Touradj Ebrahimi, An analytical study of JPEG 2000 functionalities // Proc. of the International Conf. on Image Processing (ICIP). – 2000. – Vol. 2. – P. 49-52.
4. Marcellin M.W., Gormish M. J., Bilgin A., Boliek M.P. An Overview of JPEG-2000 // Proc. of 2000 Data Compression Conference. – 2000. – P. 523-541.

Надійшла до редколегії 6.04.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.І. Карпенко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.