

УДК 681.7.520

С.Д. Савченко, студент гр. ПО-11мп, к.т.н., Тягур В.М.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ БЛОКІНГ-ЕФЕКТУ

Анотація. Представлений новий алгоритм, розроблений просторово-частотної області. Цей алгоритм ґрунтується на діадном вейвлет-перетворенні на методі оптимальної інтерполяції. Головна перевага цього алгоритму - простота і легка реалізація. Відсутні «порогові методики» в процесі розробки. Запропонований алгоритм може покращувати візуальну якість зображення та пікове відношення сигнал/шум (PSNR).

Ключові слова: артефакти, зображення, стиск, блокінг-ефект, дискретне косинусне перетворення, вейвлет, діадне вейвлет-перетворення, якість зображень.

ВСТУП

Дискретне косинусне перетворення (ДКП) відіграє важливу роль у методах стиснення статичних зображень і відео. Міжнародна організація стандартизації (ISO) використовує його як стандартний компонент для стиснення зображень і відео в стандартах JPEG і MPEG.

Відповідно до теорії кодування зображення розділяється на маленькі $p \times q$ прямокутні, зазвичай квадратні, блоки. Процес розділення всього зображення на блоки забезпечує ефективну розробку апаратних засобів та зменшує час обчислень. Так як БДКП використовується блок за блоком без розгляду кореляції між двома сусідніми блоками, це призводить до появи блокових артефактів, які з'являються на багатьох кордонах між двома сусідніми блоками. Це явище відоме під назвою блокінг-ефект, що погіршує якість декодованого зображення.

Існує багато методів вирішення проблеми блокінг-ефектів просторово-частотної області. У 1994 році був представлений алгоритм постобробки з урахуванням вейвлетів, заснований на припущенні шумів [1]. У 1995 році були використані два методи оптимізації, засновані на методі граничної ортонормованої функції [2, 3]. У 1997 – метод, заснований на коефіцієнті кореляції поперечного масштабу надповного вейвлет-уявлення, перетворюючи проблему на очищення від шуму [4]. У 1998 році дослідники використали вейвлет-перетворення модуля максимального значення [5]. Пізніше був запропонований алгоритм, що адаптивно обирає поріг для різних зображень [6].

Хоча ці методи й могли поліпшити візуальну якість зображення і пікове відношення сигнал/шум (PSNR), проте потребували правильного вибору порогу, так як тільки в такому випадку дозволяли отримати хороші результати зменшення блокінг-ефекту.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Методи, які існують для вирішення проблеми блокінг-ефекту, або є надто складними для реалізації, або не справляються з проблемою блокінг-ефекту в достатній мірі. Отже, необхідно продовжити дослідження в напрямку визначення факторів, що впливають на зменшення блокінг-ефекту і підвищення якості стиснених зображень. У результаті необхідно розробити метод, який ефективно зменшуватиме блокінг-ефекти, матиме низьку обчислювальну складність та просту реалізацію, покращуватиме якість стисненого зображення.

МЕТОД ЗМЕНШЕННЯ БЛОКІНГ-ЕФЕКТУ

Використаємо діадне вейвлет-перетворення та оптимальну інтерполяцію для обробки кожного рядка і кожного стовпця для стиснутої матриці "блокового" зображення. Таким чином, проблема зменшення блокінг-ефекту у двовимірній обробці сигналів зображення перетвориться на обробку одновимірних сигналів.

Вейвлет-перетворення для $f(x)$ у масштабі 2^j та позиції x визначається згортою (1):

$$W_{2^j}f(u) = \left(f(x) \cdot \psi_{2^j}(x) \right) (u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \frac{1}{\sqrt{2^j}} \psi\left(\frac{x-u}{2^j}\right) dx \quad (1)$$

Отже, масштаб для безперервного вейвлет-перетворення дискретний протягом діадної послідовності $\{2^j\}$, де j належить цілочисельному множині Z .

Нехай функція $\phi(x)$ – функція, що згладжує вейвлет-функції $\Psi(x)$ і S_{2^j} оператор, що згладжує, визначений як згортка (2), де $\phi_{2^j}(x)$ визначений як (3):

$$S_{2^j}f(u) = \left(f(x) \cdot \phi_{2^j}(x) \right) (u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \frac{1}{2^j} \phi\left(\frac{x-u}{2^j}\right) dx \quad (2)$$

$$\phi_{2^j}(x) = \frac{1}{\sqrt{2^j}} \phi\left(\frac{x}{2^j}\right) \quad (3)$$

Тоді з вищевказаного визначення можна бачити, що більше деталей $f(x)$ видалені S_{2^j} тоді, коли масштаб 2^j ставатиме більшим.

Якщо оригінальний сигнал є дискретною послідовністю $f = (f(n))_{n \in Z}$ з кінцевою енергією, припустимо, що фрагменти $a_0(n)$ вхідного дискретного сигналу рівні $f(n)$, але локальне середнє f по сусідству $t = n$. Таким чином, $a_0(n)$ може бути записано формулою (4). Тоді для кожного $j > 0$ матимемо (5).

$$a_0(n) = \langle f(t), \phi(t-n) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \phi(t-n) dt \quad (4)$$

$$S_{2^j}f = \langle a_j(n) = \langle f(t), \phi_{2^j}(t-n) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \phi_{2^j}(t-n) dt \quad (5)$$

Визначимо діадне вейвлет-перетворення (6):

$$W_{2^j}f = d_j(n) = Wf(n, 2^j) = \langle f(t), \psi_{2^j}(t-n) \rangle \quad (6)$$

де W – Оператор діадного вейвлет-перетворення.

Для кожного масштабу 2^j послідовність дискретних сигналів називається дискретним діадним вейвлет-перетворенням $f = f(n)$.

Отже, діадне вейвлет-перетворення (S_2f, W_2f) як (Sf, Wf) для функції $f(n)$, де Sf виражає низькочастотну інформацію $f(n)$, а Wf високочастотну інформацію $f(n)$.

Декодована матриця $N \times N$ зображення X з блокінг-ефектами може бути виражена у субматричній формі (7):

$$X = \begin{pmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} & \dots & X_{1,n} \\ X_{2,1} & X_{2,2} & \dots & X_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n,1} & X_{n,2} & \dots & X_{n,n} \end{pmatrix} \quad (7)$$

де $X_{i,j}$ – це субматриця $B \times B$, $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$, $n = N/B$ і є цілим числом.

Кожен елемент $X_{i,j}$ називається блоком. Існують блокові артефакти між кожними суміжними межами блоків, що називають блокінг-ефектами.

Блочне $N \times N$ виражається зображення X як $X = (x(i, j))$, $i, j \in \{1, 2, \dots, N\}$. Блокінг-ефекти збільшуються між кожними суміжними межами блоків, тобто між кожними $j = pV$ та $j = pV + 1$ стовпцями та $i = qV$ і $i = qV + 1$ рядків, де $p, q \in \{1, 2, \dots, n-1\}$.

Для цього цілого числа i визначимо вектор рядки $x_i^{\text{def}} = (x(i, j))$, $j = 1, 2, \dots, N$. Вектор x_i може бути розцінений як дискретний сигнал із кінцевою енергією. j -й елемент у векторному $x_i \in x_i(j)$, що еквівалентно $x(i, j)$. "Блокові" ефекти роблять кожні дві точки $x_i(pV)$ і $x_i(pV+1)$ розривними, де $p = 1, 2, \dots, n-1$. Таким чином, є високі частоти близько позицій цих точок, де сигнал x_i перетворюється на просторово-частотну область.

Головна ідея методу – використання діадного вейвлет-перетворення для перетворення сигналу x_i на дві субсмуги: одна – низькочастотна субсмуга $x_i^{\text{l def}} = Sx_i$, яка виражає низькочастотну інформацію сигналу x_i та інша високочастотна субсмуга $x_i^{\text{h def}} = Wx_i$, яка висловлює високочастотну інформацію сигналу x_i . Далі використовуємо таке ж перетворення для високочастотної субсмуги x_i^{h} отримаємо дві субсмуги - одна високо-низькочастотна субсмуга $x_i^{\text{hl def}} = SWx_i$ та інша високо-високочастотна і $x_i^{\text{hh def}} = WWx_i$. Обидві з яких представляють відповідно низькочастотну інформацію та високочастотну інформацію сигналу x_i^{h} . Після цього дозволяємо сигналу $x_i^{\text{hh}} = (x_i^{\text{hh}}(j))$ пройти через розроблений оптимальний інтерполяційний фільтр F_{opt} , згладжувати сигнал на межах блоку та зберігати оригінальну інформацію для інших позицій. Отриманий сигнал $x_i^{\text{hh def}} = F_{\text{opt}}(x_i^{\text{hh}})$ разом із високо-низькочастотним сигналом x_i^{hl} перетворюється назад у нову високочастотну субсмугу сигналу $x_i^{\text{h}} = (x_i^{\text{h}}(j))$, відповідному високочастотній субсмузі сигналу x_i^{h} .

Дозволимо сигналу нової високочастотної субсмуги x_i^{h} також пройти через той же інтерполяційний фільтр F_{opt} та позначимо новий сигнал високочастотної субсмуги як $\hat{x}_i^{\text{h}}(j)^{\text{def}} = F_{\text{opt}}(x_i^{\text{h}})$. Взявши протилежне перетворення цього сигналу із сигналом низькочастотної субсмуги x_i^{l} , нарешті отримаємо новий сигнал $\hat{x}_i$, який відповідає оригінальному сигналу x_i із зменшеними блокінг-ефектами.

РЕЗУЛЬТАТИ МЕТОДУ ЗМЕНШЕННЯ БЛОКІНГ-ЕФЕКТУ

Для експерименту використовувалося зображення, наведене на рисунку 2. Зображення було стиснуте за стандартом JPEG з якістю $q = 10$, PSNR стисненого зображення 26,5125 дБ. Після цього до стисненого зображення було застосовано запропонований метод для покращення PSNR. Новий показник PSNR дорівнює 27,0533 дБ, тобто він збільшився на 0,5408 дБ. Нове зображення наведено на рисунку 3, по ньому видно покращення візуальної якості.



Рисунок 2. Стиснене зображення (PSNR = 26,5125 дБ)



Рисунок 3. Зображення після процесу деблокінгу (PSNR = 27,0533 дБ)

ВИСНОВКИ

Представлений новий алгоритм для усунення блокінг-ефекту, розроблений в просторово-частотній області. Цей алгоритм ґрунтується на дискретному вейвлет-перетворенні на методі оптимальної інтерполяції. Основна перевага цього алгоритму – це простота реалізації в порівнянні з існуючими методами. Відсутні “порогові методики” в процесі розробки. Експерименти показують, що новий запропонований алгоритм може поліпшити візуальну якість зображення та пікове відношення сигнал/шум (PSNR).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] R. A. Gopinath. (1994). Wavelet Based Post Processing of Low Bit Rate Transform Coded Images. *Proc. ICIP'94*, 913-917.
- [2] B. Jeon, J. Jeong & J. Jo. (May 1995). Locking artifacts reduction in image coding based on minimum block boundary discontinuity. *Visual Communications Proceedings, Image Processing*, 198-209.
- [3] J. Jeong & B. Jeon. (October 1995). Use of a class of two dimensional functions for blocking artifacts reduction in image coding. *Proceedings of the International Conference on Image Processing*, 478-481.
- [4] Zixiang Xiong, M. T. Orchard & Yaqin Zhang. (April, 1997). A Deblocking Algorithm for JPEG Compressed Images Using Overcomplete Wavelet Representations. *IEEE-Trans. Circuits Syst. [Video Tech.]*, 7(2), 433 – 437.
- [5] T. C. Hsung, D. P. K. Lun & W. C. Siu. (October 1998). A Deblocking Technique for Block Transform Compressed Image Using Wavelet Transform Modulus Maxima. *IEEE-Trans. Circuits Syst. [Video Tech.]*, 7(10), 1488 – 1496.
- [6] S. Wu, H. Yan & Z. Tan. (November 2001). An Efficient Wavelet Based Deblocking Algorithm for Highly Compressed Images. *IEEE-Trans. Circuits Syst. [Video Tech.]*, 11(11), 1193 – 1198.