

ВЕЙВЛЕТ-КОДЕР З КОРЕКЦІЄЮ ВЕЙВЛЕТ-КОЕФІЦІЄНТІВ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано вейвлет-кодер з корекцією вейвлет-коефіцієнтів для стиснення цифрових зображень на основі ліфтингової схеми, який дозволяє підвищити ступінь стиснення зображень та зберегти прийнятну візуальну якість.

Ключові слова: зображення, стиснення, вейвлет-перетворення, вейвлет-коефіцієнти, кодер, ліфтинг.

Abstract

A wavelet encoder with correction of wavelet coefficients for compression of digital images on the basis of an enhancement circuit is proposed, which allows to increase the degree of compression of images and maintain an acceptable visual quality.

Keywords: image, compression, wavelet transform, wavelet coefficients, encoder, lifting.

Вступ

На основі проведеного аналізу робіт по стисненню зображень можна виділити алгоритми кодування, орієнтовані на перетворення стаціонарних і нестаціонарних сигналів. Для стаціонарних сигналів найбільше поширення отримав метод стиснення на основі дискретного косинусного перетворення. Він показує гарні результати для кодування квазіперіодичних сигналів. Опис нестаціонарних сигналів доцільно виконувати за допомогою вейвлет-перетворення, що дозволяє отримати високі коефіцієнти стиснення для сигналів, які описуються кусково-поліноміальними функціями. Узагальнення методів Фур'є та вейвлет-перетворень для обробки двовимірних сигналів призводить до відомих розділимих перетворень [1]. Вони володіють вираженою анізотропією, пов'язаною з штучно введеними координатними осями при побудові розділимих алгоритмів кодування. Однак просторові властивості більшості реальних зображень ізотропні, характерні для розділимих порожніх фільтрів [2]. У зв'язку з цим є актуальною задача підвищення ефективності кодування широкіх класів зображень за рахунок використання нерозділених алгоритмів.

Метою роботи є розроблення вейвлет-кодера з корекцією вейвлет-коефіцієнтів.

Результати дослідження

Аналіз кодуемого зображення починається з дрібномасштабної сітки, у вузлах якої розташовані значення яскравості елементів зображення. Оцінки пікселів будуються по дійсним значенням відліків, що стоять у вузлах сітки з кроком два відліки. У такий спосіб у множині неповних спостережень відсутня шумова складова. У результаті виходять більш точні оцінки, що приводить до зменшення дисперсії вейвлет-коефіцієнтів, що обчислюються як різниця між дійсним значенням пікселя і його оцінкою. На основі обчислених вейвлет-коефіцієнтів $\bar{\gamma}_1$ виконується операція відновлення. Для отриманої низькочастотної складової \bar{z}_1 в чотири рази меншої за обсягом інформації зображення, яке кодується, повторюються операції оцінювання по множині спостережень \bar{z}_1 відповідні сітці з кроком чотири відліки, обчислення вейвлет-коефіцієнтів $\bar{\gamma}_2$ і формування низькочастотної складової \bar{z}_2 за допомогою операції відновлення. Даний процес декомпозиції пропонується виконувати чотири рази. Це зв'язано з тим, що множина спостережень низькочастотної складової на четвертому етапі являє собою зменшену в 16 разів копію вихідного зображення, що володіє, як правило, малими кореляційними зв'язками, що приводить до великих дисперсій вейвлет-коефіцієнтів і малому збільшенню коефіцієнта стиснення. Крім того, збільшення числа етапів декомпозиції приводить до збільшення обчислювальної складності алгоритму стиснення. У такий спосіб після чотирьох етапів декомпозиції

виходить низькочастотна складова \bar{z}_4 відповідна згладженої зменшеної в 16 разів копії вихідного зображення і чотири послідовності вейвлет-коефіцієнтів $\bar{\gamma}_1, \bar{\gamma}_2, \bar{\gamma}_3$ і $\bar{\gamma}_4$.

Потім на основі обчислень низькочастотної складової \bar{z}_4 виконується корекція вейвлет-коефіцієнтів $\bar{\gamma}_4$. Для цього відновлюються відліки зображення

$$\bar{x}_4 = P(\bar{z}_4) + \bar{\gamma}_4, \quad (1)$$

де $P(\bar{z}_4)$ - оцінка значень елементів зображення побудована на основі вейвлет-фільтра.

Отримані значення \bar{x}_4 оцінюються на основі інтерполюючого фільтра $P_2(\bar{z}_4)$:

$$\hat{\gamma}_4 = \bar{x}_4 - P_2(\bar{z}_4). \quad (2)$$

У результаті обчислені помилки оцінювання $\hat{\gamma}_4$ являють собою скоректовані вейвлет-коефіцієнти, що квантуються і стискаються арифметичним кодером. За квантованими значеннями $\hat{\gamma}_4^k$ виконується відновлення вейвлет-коефіцієнтів $\tilde{\gamma}_4$ відповідно до виразу

$$\tilde{\gamma}_4 = \hat{\gamma}_4^k + P_2(\bar{z}_4) - P(\bar{z}_4). \quad (3)$$

За вейвлет-коефіцієнтами $\tilde{\gamma}_4$ формується множина неповних спостережень \tilde{z}_3 і операція корекції вейвлет-коефіцієнтів повторюється для послідовностей $\bar{\gamma}_3, \bar{\gamma}_2$ і $\bar{\gamma}_1$.

Скоректовані квантовані послідовності стискаються арифметичним кодером, на виході якого формується потік стиснених даних.

В якості вейвлет-фільтра і оператора оцінювання доцільно вибрати наступні вирази [3], що приводять до біортогонального вейвлету 9/7, застосовуваному в стандарті JPEG2000, і що вважається, у середньому, кращим при стисненні реальних зображень:

$$\begin{aligned} \gamma_{1,l}^{(1)} &= z_{0,2l+1} + a(z_{1,2l} + z_{1,2l+2}) \\ z_{1,l}^{(1)} &= z_{0,2l} + b(\gamma_{1,l}^{(1)} + \gamma_{1,l-1}^{(1)}) \\ \gamma_{1,l} &= \gamma_{1,l}^{(1)} + c(z_{1,l}^{(1)} + z_{1,l+1}^{(1)}) \\ z_{1,l} &= z_{1,l}^{(1)} + d(\gamma_{1,l} + \gamma_{1,l-1}), \end{aligned} \quad (4)$$

де константи $a = -1.586134342$, $b = -0.05298011854$, $c = 0.8829110762$, $d = 0.4435068522$.

Вираз (4) описує дві операції оцінювання і відновлення. Завдяки цьому вдається побудувати кращий фільтр, що згладжує, на основі якого формуються низькочастотні складові, у порівнянні з вейвлет-фільтром, що містить одну операцію оцінювання і відновлення.

При корекції вейвлет-коефіцієнтів біортогонального вейвлет-фільтра 9/7 оцінка будується відповідно до наступного виразу:

$$\hat{z}_{0,2l+1} = -a(z_{1,l} + z_{1,l+1}) - c(z_{1,l} + z_{1,l+1}). \quad (5)$$

Коефіцієнти коригувального фільтра P_2 визначаються на основі псевдоградієнтної процедури.

У такий спосіб запропонована схема кодування з чотирьохрівневою декомпозицією зображення використовує біортогональний вейвлет-фільтр 9/7, що володіє гарними згладжуючими властивостями, що приводить до зменшення дисперсії вейвлет-коефіцієнтів і збільшенню коефіцієнта стиснення. Крім того, така схема дозволяє виконувати корекцію вейвлет-коефіцієнтів за допомогою двомірних нероздільних фільтрів.

Розглянутий алгоритм вейвлет-перетворення з корекцією вейвлет-коефіцієнтів будемо порівнювати з біортогональним вейвлет-перетворенням 9/7 [3, 4]. Корекцію коефіцієнтів даного вейвлет-перетворення будемо здійснювати за допомогою інтерполюючих фільтрів, коефіцієнти яких обчислюються на основі псевдоградієнтної процедури.

Мірою втрат виберемо відносну дисперсію помилки, визначену за формулою:

$$l = \frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{\sigma_x^2} \cdot 100\% \quad (6)$$

де σ_{ε}^2 - дисперсія помилок відновлення,

а σ_x^2 - дисперсія зображення.

У табл. 1 представлені дисперсії помилок оцінювання різних рівнів декомпозиції при втратах відновлення 5%.

Таблиця 1 – Дисперсії вейвлет-коефіцієнтів тестових зображень

Метод оцінювання	1-й рівень декомпозиції	2-й рівень декомпозиції	3-й рівень декомпозиції	4-й рівень декомпозиції
Без корекції вейвлет-коефіцієнтів	а) 151 б) 76 в) 34 г) 501	а) 368 б) 187 в) 150 г) 540	а) 720 б) 366 в) 345 г) 843	а) 1238 б) 670 в) 633 г) 1075
З корекцією вейвлет-коефіцієнтів	а) 142 б) 72 в) 30 г) 492	а) 357 б) 176 в) 141 г) 534	а) 708 б) 353 в) 326 г) 821	а) 1202 б) 651 в) 611 г) 1044

Тут під першим рівнем декомпозиції розуміються перетворені відліки зображення, що відповідають сітці із кроком один відлік. Другий рівень відповідає перетворенню спостережень, що знаходяться у вузлах сітки із кроком два відліки, і т.д.

З табл. 1 видно, що дисперсії скоректованих вейвлет-коефіцієнтів менше вихідних. У такий спосіб з'являється можливість одержати менше значення ентропії квантованих даних і збільшення коефіцієнта стиснення.

Висновки

Запропонований вейвлет-кодер з корекцією вейвлет-коефіцієнтів дозволяє підвищити ступінь стиснення зображень на 3-7% в порівнянні з аналогічним вейвлет-кодером без корекції вейвлет-коефіцієнтів. Це пояснюється, по-перше, невідповідністю моделей тестових зображень і моделі, описуваної інтерполюючим вейвлет-фільтром, і, по-друге, побудовою кращої оцінки за допомогою нероздільного фільтра H_2 . Кращі на 2-6% результати ущільнення показує алгоритм MrSID у порівнянні із запропонованим алгоритмом. Однак його обчислювальна складність приблизно в півтора рази вища в порівнянні з вейвлет-кодером з корекцією вейвлет-коефіцієнтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чобану М. Многомерные многоскоростные системы обработки сигналов. – М.: Техносфера, 2009. – 480 с.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ.-М.: Мир, 1982. – Кн.1 – 312 с.
3. Daubechies I., Sweldens W. Wavelet Transforms that Map Integers to Integers. Режим доступу: <http://cm.bell-labs.com/who/wim/papers/integer.pdf>.
4. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет преобразования. – СПб.: ВУС, 1999. – 204 с.

Сокирко Юрій Геннадійович — студент групи ІАКІТ-17м, факультет комп'ютерних систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: yuri.sokyrko@gmail.com

Гармаш Володимир Володимирович - канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Sokyrko Yurii Hennadiyovych - Faculty for Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : yuri.sokyrko@gmail.com

Garmash Volodymyr Volodymyrovych - Ph.D. (Eng), Assistant Professor of Department of Automation and Intelligent Information Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.