

УДК 621.396

М.М. Проценко, к.т.н., п.н.с.
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова
Національного авіаційного університету

АЛГОРИТМ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ

Запропоновано алгоритм стиснення цифрових зображень з використанням вейвлет-перетворення. Показано, що стиснення досягається за рахунок квантування вейвлет-коефіцієнтів з використанням нуль-дерева та проведення кодування за алгоритмом Хаффмана.

Постановка проблеми. Зберігання і передача зображень при цифровому представленні у вигляді матриці пікселів потребує обробки великих об'ємів даних. Проте безпосереднє представлення зображення у нестиснутому вигляді є неефективним унаслідок значної корельованості елементів матриці, а варіант незалежного кодування пікселів породжує надмірні коди. На сучасному етапі для стиснення зображень [1] при передачі їх по мережах, найбільш широко використання знайшов стандарт JPEG. В основі його роботи використовується дискретно-косинусне перетворення. Недоліком даного стандарту є те, що при підвищенні ступеня стиснення зображення розпадається на блоки 8×8 пікселів. Тому особливу актуальність серед інших завдань цифрової обробки зображень набуває завдання стиснення і обробки зображень в каналах з обмеженою пропускну здатністю, наприклад, для Інтернету.

Огляд останніх досліджень і публікацій. На даний час набувають поширення алгоритми обробки сигналів з використанням вейвлет-перетворення (ВП) [1–10]. Можливість використання ВП для завдань обробки цифрових даних розглядається в багатьох публікаціях:

- у [2] розглянуто основи теорії та приклади обробки сигналів та зображень з використанням ВП;
- у [3] розглядається питання вибору оптимальних вейвлетів для обробки сигналів та зображень;
- у [4] розглянуто загальні основи використання ВП;
- у [7] розроблено методику стиснення цифрової інформації з використанням ВП.

Формулювання завдання дослідження. З проведеного аналізу можна зробити висновок, що ВП можна застосовувати для обробки цифрових даних. Але питання застосування дискретного ВП, особливо для стиснення зображень, є недостатньо вивчені. З метою подальшого розвитку й застосування дискретного ВП для обробки цифрових зображень, у запропонованій роботі розроблено алгоритм стиснення цифрових зображень з використанням ВП.

Викладення основного матеріалу. На практиці для стиснення зображень використовують різні дискретні перетворення. Найчастіше вихідне дискретне зображення розбивається для обробки на блоки невеликої розмірності та кожний фрагмент обробляється незалежно за допомогою перетворення при стисненні та зворотного перетворення при відновленні.

Схема розробленого алгоритму стиснення зображень з використанням ВП наведена на рис. 1.

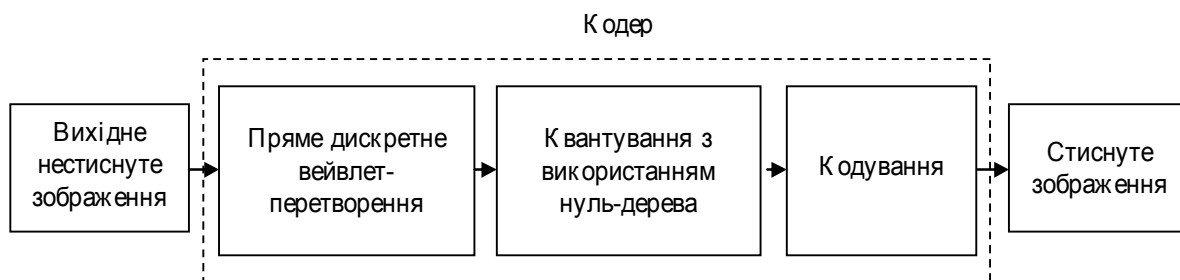


Рис. 1. Схема стиснення зображення з використанням ВП

Для відновлення зображення необхідно здійснити зворотні перетворення, схема відновлення зображення наведена на рис. 2.

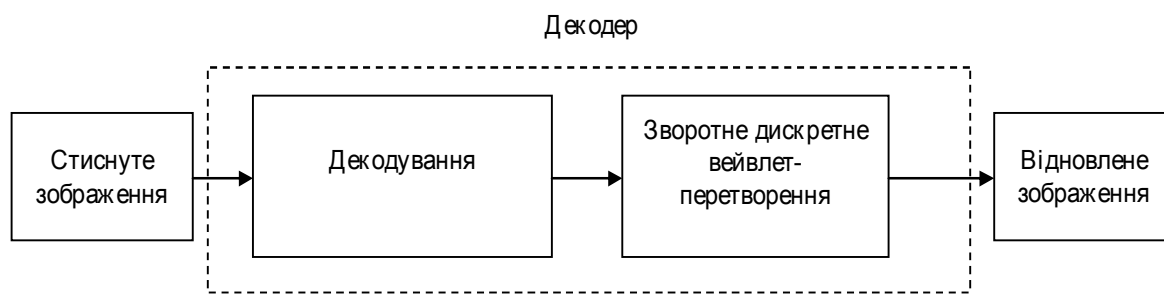


Рис. 2. Схема відновлення зображення з використанням ВП

Розглянемо алгоритм стиснення, частину першу (рис. 1). Кодер складається з трьох основних частин: прямого дискретного ВП, процедури квантування з використанням нуль-дерева та кодування. Розглянемо кожну складову вейвлет-кодера окремо.

Пряме дискретне ВП. Для здійснення прямого дискретного ВП необхідно здійснити вибір базисної вейвлет-функції (ВФ), вибір якої є досить неоднозначною задачею. При виборі ВФ необхідно враховувати її властивості: наявності швидкого ВП, кількість нульових моментів, ортогональність. Перерахованими властивостями володіють ортогональні вейвлети (Добеші, Симлети, Койфлети) та В-сплайнові біртогональні вейвлети. Графіки ВФ наведені на рис. 3 та 4.

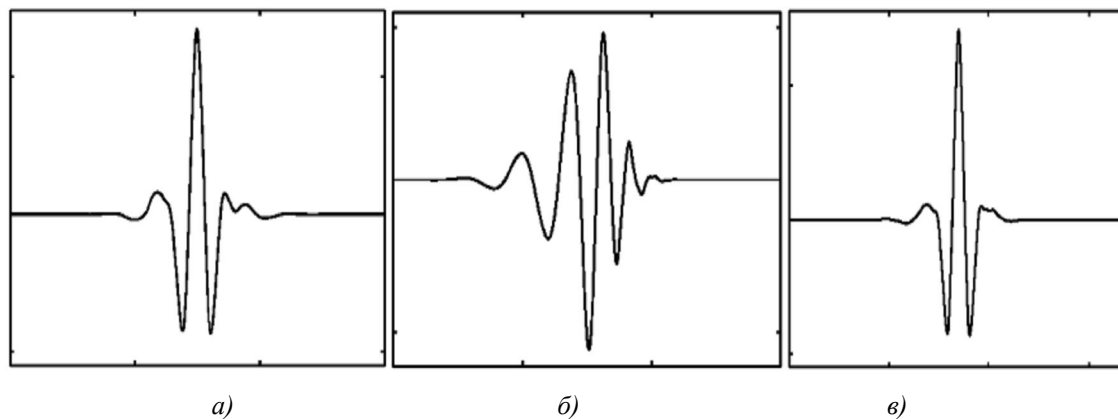


Рис. 3. Графіки вейвлетів: а – Симлет-8; б – Добеші-8; в – Койфлет-3

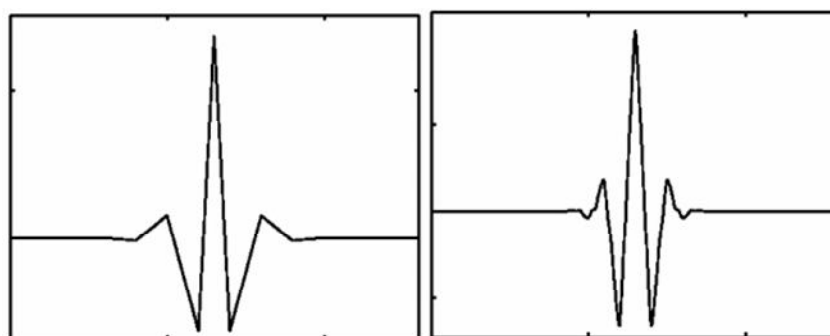


Рис. 4. Графіки біртогонального вейвлета № 2, 6

У табл. 1 наведені деякі характеристики різних ВФ, де N – натуральне число 1, 2, 3, ..., яке характеризує номер ВФ даного типу. З наведеної таблиці видно, що оптимальними ВФ для проведення стиснення є Симлети, в них мінімальна довжина фільтра та кількість нульових моментів.

Характеристики вейвлет-функцій

Таблиця 1

Тип вейвлета	Довжина фільтра	Кількість нульових моментів	Симетричність
Добеши-N	2N	N	Немає
Симлети-N	2N	N	Є
Койфлети-N	6N	2N	Є
Біортогональний Nr, Nd	max(2Nr, 2Nd)	Nr-1	Є

Квантування з використанням нуль-дерева. Вперше ідея нуль-дерева була запропонована Л.Льюїсом и Г.Ноулесом [1]. У їх алгоритмі застосовувалася деревовидна структура даних для опису вейвлет-коефіцієнтів. Така структура виходить в результаті застосування двоканального роздільного ВП. Вузли дерева рис. 5 відповідають вейвлет-коефіцієнтам масштабу розкладу. Кожен вузол має чотири складових, відповідних вейвлет-коефіцієнтам наступного рівня.

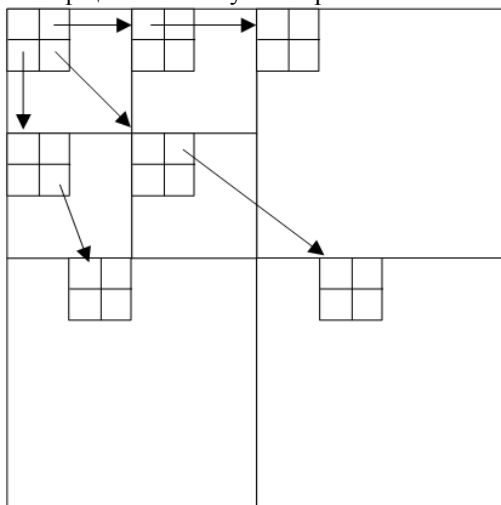


Рис. 5. Залежність між коефіцієнтами ВП у квантуванні з використанням нуль-дерева

Квантування нуль-дерева засноване на принципі, що якщо коефіцієнт малий, то і всі його складові теж малі. Це пояснюється тим, що значущі коефіцієнти виникають поблизу контурів і текстур. Дерево або піддерево, яке містить тільки незначущі коефіцієнти, називається нуль-деревом. Спочатку кожен вузол квантується. Якщо значення квантованого вузла менше деякого порогу, піддерево, що починається з цього вузла, оголошується нуль-деревом, і його складові ігноруються. Ці складові будуть відновлені декодером як нулі. Якщо вузол не має складових, починає оброблятися наступний кореневий вузол. Особливу ефективність цьому алгоритму додає сумісне кодування нулів за допомогою кодера.

Кодування. У даному алгоритмі використовується векторне кодування. В цьому випадку складається кодова книга, в якій зберігаються комбінації двохмірних блоків коефіцієнтів. Кожному блоку приписано його код, який отримано за алгоритмом Хаффмана. Кодування складається з знаходження для кожного кодованого блока з кодової книги середньоквадратичної різниці. У вихідний потік записуються коди блоків.

Для відновлення зображення рис. 2 проводиться декодування а потім здійснюється зворотне дискретне ВП.

Перевірку працездатності розробленого алгоритму проведено на прикладі зображення рис. 6.



Рис. 6. Вихідне зображення "танк" розмірність 232× 420, 810395 байт

Результат прямого дискретного ВП показаний на рис. 7, базова функція Симлет-8, рівень розкладу 2. Більш яскравим кольором показані коефіцієнти більшої амплітуди. Чітко видно, що їх положення вказує на різкі перепади яркості.

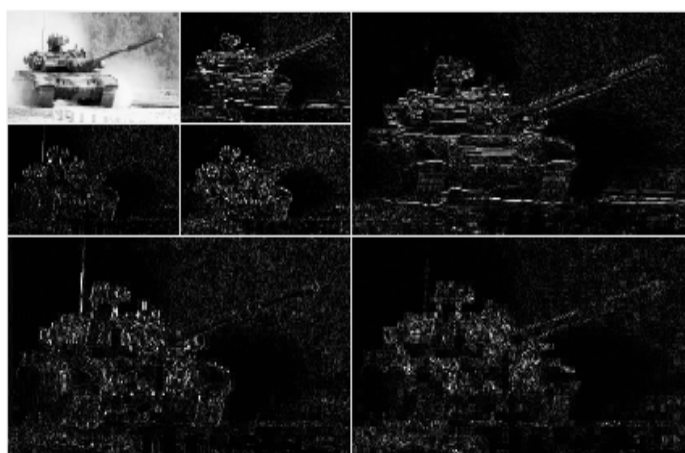


Рис. 7. Вейвлет-коефіцієнти після прямого дискретного ВП

Далі проводилось квантування з використанням нуль-дерева та кодування.

Результати проведеного моделювання за розробленим алгоритмом із заміною нулями різної кількості вейвлет-коефіцієнтів розкладу та векторним кодуванням за алгоритмом Хаффмана показано на рис. 8, з якого видно, що при заміні нулями 93 % вейвлет-коефіцієнтів втрати стають візуально помітними.

Результати стиснення вихідного зображення різними ВФ зведено в табл. 2.

Таблиця 2

Характеристики стиснутого зображення

Тип вейвлета	Процент нульових вейвлет-коефіцієнтів, %	Процент збереження енергії сигналу, %	Коефіцієнт стиснення	Середньоквадратичне відхилення
Симлет-8	80	99,95	45	4,2
	85	99,88	63	5,4
	90	99,71	96	6,1
	93	92,86	128	7,1
Койфлет-2	80	99,94	82	5,4
	85	99,9	106	5,9
	90	99,76	152	6,7
	93	99,19	196	7,5
Добеші-8	80	99,94	63	4,9
	85	99,9	90	5,8
	90	99,76	112	6,5
	93	92,19	158	7,4

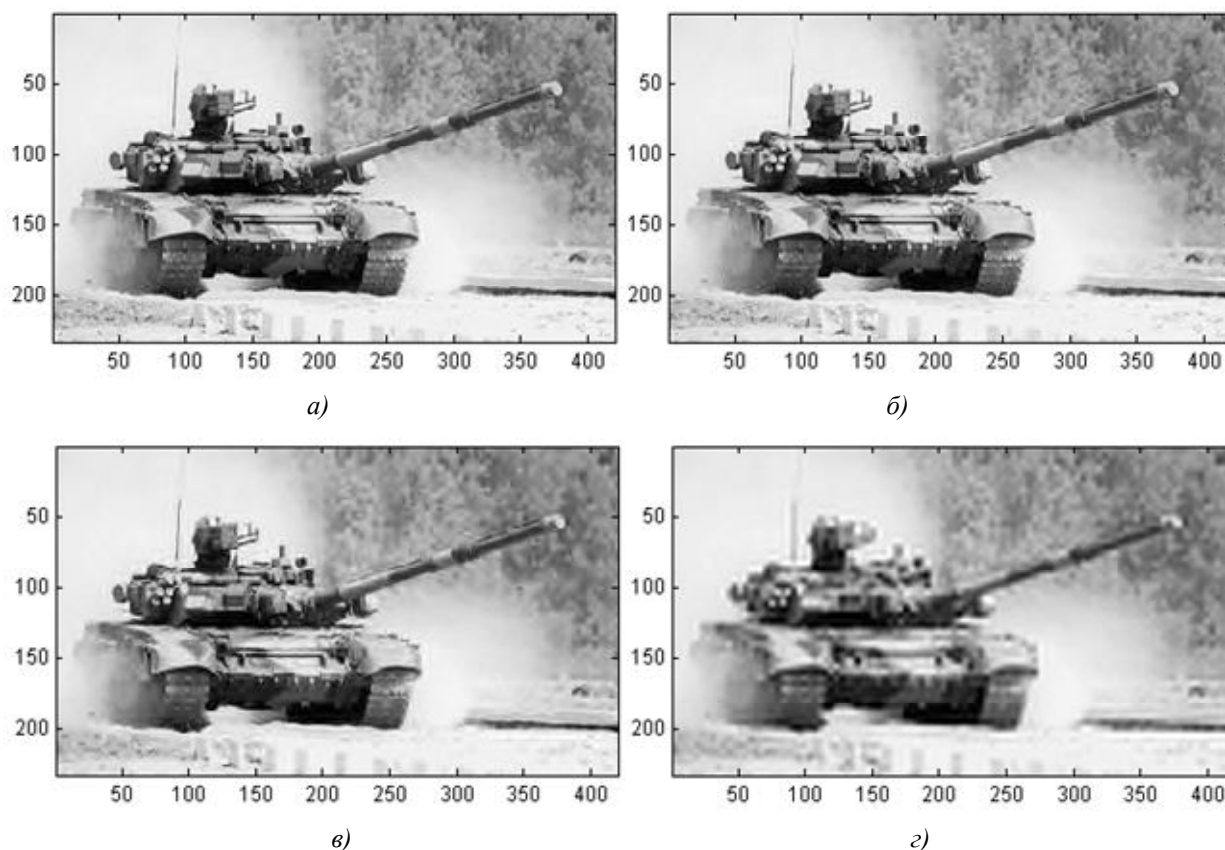


Рис. 8. Результати відновлення зображення: а – нулів-80 %; б – нулів-85 %; в – нулів-90 %; г – нулів-93 %

Зауваження. При зміні ВФ та глибини рівня розкладу ВП якість стиснення може змінюватись. Отже для стиснення тестового зображення при визначених рівнях розкладу найбільш відповідає ВФ Симлет-8. Це обумовлено тим, що при використанні даної базової функції середньоквадратичне відхилення відновленого зображення від вихідного менше ніж для інших базових функцій.

Висновки. Таким чином, проведена перевірка працездатності розробленого алгоритму стиснення зображення з використанням ВП. Критерієм якості обробки зображень обрано середньоквадратичне відхилення відновленого зображення. Для обраного прикладу обрана ВФ Симлет-8. Усі розрахунки та моделювання проведено за допомогою універсальної інтегрованої системи комп'ютерної математики MATLAB 7.7. У подальших наукових дослідженнях планується розглянути можливість удосконалення розробленого алгоритму за рахунок вибору ефективного методу кодування та використання пакетного ВП.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Иванов М.А.* Применение вейвлет-преобразований в кодировании изображений / *М.А. Иванов* // Новые информационные технологии в науке и образовании. – 2004. – № 24. – С. 157–175.
2. *Д'яконов В.* Обработка сигналов и изображений : специальный справочник / *В.Д'яконов, Г.Авраменкова.* – СПб. : Питер, 2002. – 608 с.
3. *Кобелев В.Ю.* Выбор оптимальных вейвлетов для обработки сигналов и изображений / *В.Ю. Кобелев, А.В. Ласточкин* // Цифровая обработка сигналов и ее применения : труды 2-й международной конференции. – М., 1999. – Т. 2. – С. 514–518.
4. *Яковлев А.Н.* Введение в вейвлет-преобразование : учебное пособие / *А.Н. Яковлев.* – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003. – 104 с.
5. *Проценко М.М.* Методика вибору вейвлет-функції для обробки цифрових сигналів / *М.М. Проценко* // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2009. – № 49. – С. 97–100.
6. *Коваленко М.В.* Вейвлет-перетворення та його застосування для обробки сейсмічних даних / *М.В. Коваленко, М.М. Проценко* // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 2003. – № 24. – С. 82–86.

7. Коваленко М.В. Методика стиснення цифрової інформації за допомогою вейвлет-перетворення : збірник наукових праць / М.В. Коваленко, М.М. Проценко. – Житомир : ЖВІРЕ, 2003. – Вип. 6. – С. 11–17.
8. Проценко М.М. Застосування пакетного вейвлет-перетворення для обробки радіотехнічних сигналів / М.М. Проценко // Збірник наукових праць ЖВІ НАУ. – Житомир : ЖВІ НАУ, 2009. – № 2. – С. 183–188.
9. Яковлев А.Н. Основы вейвлет-преобразования сигналов : учебное пособие / А.Н. Яковлев. – М. : САЙНС-ПРЕСС, 2003. – 80 с.
10. Грабар І.Г. Застосування вейвлет-перетворення функції вібросигналу в технічній діагностиці механізмів з ударними навантаженнями / І.Г. Грабар, В.Ф. Запольский, В.К. Захаров, М.Б. Кришевский, Ю.І. Тростенюк // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 2002. – № 23. – С. 16–21.
11. Дремін І.М. Вейвлеты и их использование / И.М. Дремін, О.В. Иванов, В.А. Нечитайло // УФН. – № 5. – 2001. – С. 465–501.
12. Астафьева Н.В. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения / В.Н. Астафьева // УФН. – № 11. – 1996. – С. 1145–1170.
13. Левкович-Маслюк Л.И. Дайджест вейвлет-анализа в двух формулах и 22 рисунках / Л.И. Левкович-Маслюк // КомпьюТерра. – № 8. – 2008. – 236 с.
14. Проценко М.М. Вейвлет-перетворення та його застосування для стиснення сейсмічних сигналів / М.М. Проценко // SNTK 2003 : збірник тез. – Макарів–1, 2003. – С. 26–27.

ПРОЦЕНКО Михайло Михайлович – кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник наукового центру Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

– цифрова обробка сигналів з використанням вейвлет-перетворень.

Подано 05.12.2009

Проценко М.М. Алгоритм стиснення зображень з використанням вейвлет-перетворень.

Проценко М.М. Алгоритм сжатия изображений с использованием вейвлет-преобразования

Prozenko M.M. Shrinking algorithm using wavelet transformation

УДК 621.396

Алгоритм сжатия изображений с использованием вейвлет-преобразования / М.М. Проценко

Предложено алгоритм сжатия цифровых изображений с использованием вейвлет- преобразования. Показано, что сжатие достигается за счет квантования вейвлет-коэффициентов с использованием нуль дерева и проведением кодирования по алгоритму Хаффмана.

УДК 621.396

Shrinking algorithm using wavelet transformation / M.M. Prozenko

Digital images shrinking algorithm using wavelet transformation is offered. It is shown that the shrinking is achieved at the expense of the wavelet coefficient quantization using zero tree and Huffman coding algorithm.