

И.В. Косткин

АЛГОРИТМ ВЕЙВЛЕТ-СЖАТИЯ НЕПОДВИЖНЫХ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Предложен алгоритм вейвлет-сжатия неподвижных цифровых изображений с использованием адаптивного базиса класса Добеши на каждой ступени разложения. Показано, что предложенный алгоритм при обработке 8-битных монохромных изображений превосходит JPEG на 22 % и не уступает JPEG2000 при сжатии 24-битных цветных изображений.

Введение. В настоящее время значительно возрос интерес к различным методам сжатия изображений. Это связано с развитием таких отраслей науки и техники, как исследование дальнего и ближнего космоса, компьютерная графика, правоохранительная деятельность и др., где информация имеет характер монохромного изображения. При этом различные снимки приходится хранить и передавать по каналам связи [1]. Поэтому необходимо применять различные эффективные алгоритмы сжатия данных с целью экономии места на физических носителях информации и снижения требований к используемым каналам связи.

Цель работы - разработка более эффективных алгоритмов сжатия неподвижных цифровых 8-битных монохромных изображений на основе вейвлет-преобразования

Постановка задачи. Обобщенно сжатие изображений можно представить в виде трех основных этапов – декоррелирующее преобразование, процедура квантования и энтропийное кодирование [1].

Одним из первых стандартов сжатия изображений с потерями является стандарт JPEG [1,2], использующий в качестве декоррелирующего преобразования дискретное косинусное преобразование. В 2000 году предложен новый стандарт сжатия цифровых неподвижных изображений JPEG 2000 [2], где в качестве декоррелирующего преобразования используется вейвлет-разложение. Данный стандарт позволяет сжимать изображения от 2 до 200 раз без заметной потери в качестве. Основной его особенностью является то, что на каждом уровне вейвлет-декомпозиции используется один и тот же базис. В связи с этим возможна модификация алгоритма стандарта JPEG 2000, когда на каждой ступени вейвлет-разложения осуществляется адаптация базиса Добеши. Это позволяет определить комбинацию базисов на разных уровнях разло-

жения, обеспечивающих наибольший коэффициент сжатия при заданном качестве.

Описание алгоритма сжатия. Исследование предлагаемого метода сжатия проводилось на изображениях в градации серого 0...255. В результате экспериментальных исследований базисов Добеши [3] был определен наилучший, с точки зрения коэффициента сжатия базисный вектор, который следует применять на соответствующей ступени разложения $db5$, $db2$, $db1$, $db1$, $db3$.

В целом предлагаемый алгоритм состоит из следующих этапов.

Выполняется пятиуровневое вейвлет-преобразование сигнала с использованием наилучшего базисного вектора Добеши на каждом уровне соответственно:

$$I_w = \underset{i=1,5}{dwt} [I_0, bas_i], \quad (1)$$

где I_0 - исходное изображение, I_w - результат пятиуровневого вейвлет-разложения, bas_i - базис, применяемый на i -й ступени вейвлет разложения.

Задается уровень визуального качества, с которым будет восстановлено изображение после декомпрессии, путем изменения порога.

Обнуление всех коэффициентов вейвлетпреобразования I_w , модуль которых меньше или равен заданному порогу:

$$I_{w0} = \begin{cases} I_w, & \text{если } (I_w > D_0) \\ 0, & \text{если } (I_w \leq D_0) \end{cases}, \quad (2)$$

где D_0 - порог, определяющий уровень качества сжатого изображения, I_{w0} - матрица вейвлет-разложения после обнуления коэффициентов.

Преобразование полученной на шаге 3 матрицы коэффициентов I_{w0} в матрицу-строку путем построчного считывания.

Применение к полученной строке алгоритма кодирования длин серий. В рассматриваемом случае, аналогично стандарту JPEG, самым час-

то встречающимся символом признается 0, поскольку происходит обнуление коэффициентов вейвлет-преобразования (2). Элемент кодируемой последовательности представляется в виде пары чисел, где первое число указывает на количество нулей, которые необходимо вставить за значащим элементом, а второе число является значащим элементом.

Применение к полученной на шаге 5 строке алгоритма кодирования Хаффмана, причем анализируются не полученные пары чисел, а каждое число в отдельности. Алгоритм Хаффмана был выбран потому, что он гарантирует получение коэффициента сжатия, больше или равного 1, в то время как остальные методы сжатия данных без потерь такой гарантии не дают [1]. Принцип его функционирования состоит в следующем: анализируются вероятности появления каждого символа сжимаемой последовательности, и символам с наибольшей вероятностью присваивается код наименьшей длины, при этом создается таблица кодов для всех символов кодируемой последовательности.

При использовании данного метода сжатия необходимо найти компромисс между числом необходимых вейвлет-разложений и получаемым коэффициентом сжатия. Для этого была построена зависимость коэффициента сжатия $K_{сж}$ от количества уровней разложения N (рис. 1).

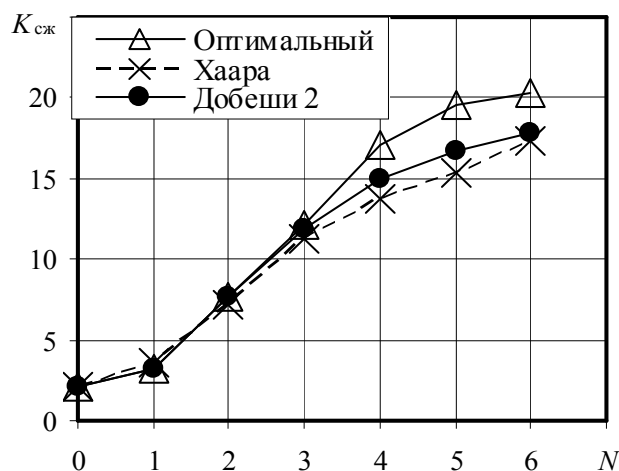


Рис. 1

Зависимость получена путем усреднения по 70 монохромным изображениям размером 300x300 пикселей. Из анализа данной зависимости следует, что применение оптимального базиса позволяет получить более высокий коэффициент сжатия, нежели применение на каждой ступени вейвлет-разложения фиксированной базисной системы.

Экспериментальные исследования. На рис. 2 представлены результаты сравнения со стандартом *JPEG*, где а – исходное изображение, б – изображение, сжатое с использованием предлагаемого метода ($K_{сж} = 19,1$ раза), а также в – изображение, сжатое по методу *JPEG* ($K_{сж} = 15,7$ раз).

При одинаковом визуальном качестве изображений (рис. 2) использование предложенного алгоритма позволяет добиться более высокого коэффициента сжатия, в среднем в 1,22 раза больше, чем стандарт *JPEG*.

Стандарт сжатия изображений *JPEG* 2000 ориентирован на сжатие цветных 24-битных изображений [2]. Поэтому сравнение предложенного метода со стандартом *JPEG* 2000 проводилось для цветных 24-битных изображений. В этом случае предложенный алгоритм был модифицирован дополнительной операцией перехода из системы цветов *RGB* в систему *YUV* [1,2]. Этот переход обусловлен тем, что в данной цветовой системе можно провести сжатие по компоненте яркости и двум разностным цветам. Причем доказано в [1,2], что искажения по компоненте яркости человек воспринимает более детально, чем искажения по разностным цветам, поэтому возможно осуществить сжатие более «грубое» по разностным цветам, нежели по компоненте яркости.



а



б



в

Рис. 2

При оценке визуального качества изображений (рис. 3, где а – исходное изображение, б – изображение, сжатое с использованием предлагаемого метода, в – изображение, сжатое методом *JPEG 2000*, $K_{сж} = 7$ раз для обоих изображений) различия практически отсутствуют. В итоге получаем, что предложенный алгоритм и стандарт *JPEG 2000* дают практически идентичные результаты при сжатии 24-битных цветных изображений.

Поэтому предложенный алгоритм может с успехом применяться для сжатия данного класса изображений. Однако стандарт *JPEG 2000* не предназначен для сжатия изображений в 8-битной градации серого, а предложенный алгоритм можно применять и в этом случае, поскольку он превосходит один из самых распространенных стандартов сжатия цифровых изображений с потерями - *JPEG*.



а



б



в

Рис. 3

Выводы. Таким образом, разработан новый алгоритм сжатия неподвижных цифровых изображений с применением вейвлет-преобразования. Определен вектор оптимальных базисов класса Добеши, обеспечивающих максимальный коэффициент сжатия. Проведено сравнение синтезированного алгоритма с наиболее распространенными стандартами сжатия *JPEG* и *JPEG 2000*. При этом показано, что синтезированный алгоритм превосходит по сжатию 8-битных монохромных изображений *JPEG* на 22 % и не уступает в сжатии цветных 24-битных изображений *JPEG 2000*.

Библиографический список

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1072 с.
2. Tinku Acharya, Ajoy K. Ray. Image Processing Principles and Application. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 2005. 428 с.
3. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории. М.: Техносфера. 2004. 280 с.