

УДК 004.627, 004.932

А. В. Коробейников, кандидат технических наук
В. С. Смирнов, аспирант
С. И. Погудин, магистрант
Р. М. Гафаров, кандидат технических наук
 ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
С. Ф. Егоров, кандидат технических наук, доцент
 Институт механики УрО РАН
 ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ИТЕРАЦИОННОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПИКСЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНЫХ ЛИНЕЙНЫХ НЕЙРОНОВ ПРИ СЖАТИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ БЕЗ ПОТЕРЬ

Предложен метод итерационного прогнозирования значений пикселей при сжатии изображений без потери качества на основе адаптивных линейных нейронов (адалинов). Предложенный метод позволяет повысить степень сжатия изображений без потерь. Рассматриваются одномерная и двухмерная схемы формирования входов адалина.

Ключевые слова: сжатие изображений без потерь, адаптивные линейные нейроны, адалин, предсказание, итерации.

Введение

В настоящее время огромное количество информации запоминается, преобразуется и передается в цифровом виде. Значительная часть передаваемых данных при этом является графической, поэтому задача сжатия изображений является актуальной задачей для устройств хранения и средств передачи данных [1].

В работе [2] предложен метод прогнозирования значений пикселей при сжатии изображений без потери качества на основе адаптивных линейных нейронов (адалинов). Показано, что адаптивные предсказатели показывают большую эффективность, чем фиксированные. Двухмерная схема формирования входов адалина показывает большую эффективность, чем одномерная. Предложенный метод позволяет повысить степень сжатия изображений без потерь.

В работе [3] рассматривается итерационная схема работы предсказателей для данных, полученных сканирующим туннельным микроскопом. В работе [4] итерационная схема применена для межканальной декорреляции многоканальных сигналов. В обеих работах показано, что итерационная схема позволяет улучшить результат обработки данных.

В данной работе рассматривается итерационная схема применения адаптивных линейных предсказателей значений пикселей при обходе изображения для сжатия без потери качества.

Итерационная схема работы предсказателей

Подробная теория использования адаптивных линейных нейронов в качестве предсказателей значений пикселей при обходе изображения приведена в работе [5].

Исходную матрицу значений пикселей обозначим X^0 . Матрицу значений, полученную в результате применения предсказателей, обозначим X^1 .

Процесс предсказания (кодирования, *prediction*):

$$X^1 = \text{Prediction}(X^0). \quad (1)$$

Процесс восстановления исходного изображения (декодирования):

$$X^0 = \text{Prediction}^{-1}(X^1). \quad (2)$$

Преобразование является обратимым. Обе матрицы X^0 и X^1 представлены целочисленными значениями.

Для реализации очередной итерации предсказания необходимо применить функцию предсказания к результатам предсказания, полученным на предыдущем этапе (k – номер итерации):

$$X^k = \text{Prediction}(X^{k-1}), \quad (3)$$

Процесс восстановления для очередной итерации:

$$X^{k-1} = \text{Prediction}^{-1}(X^k). \quad (4)$$

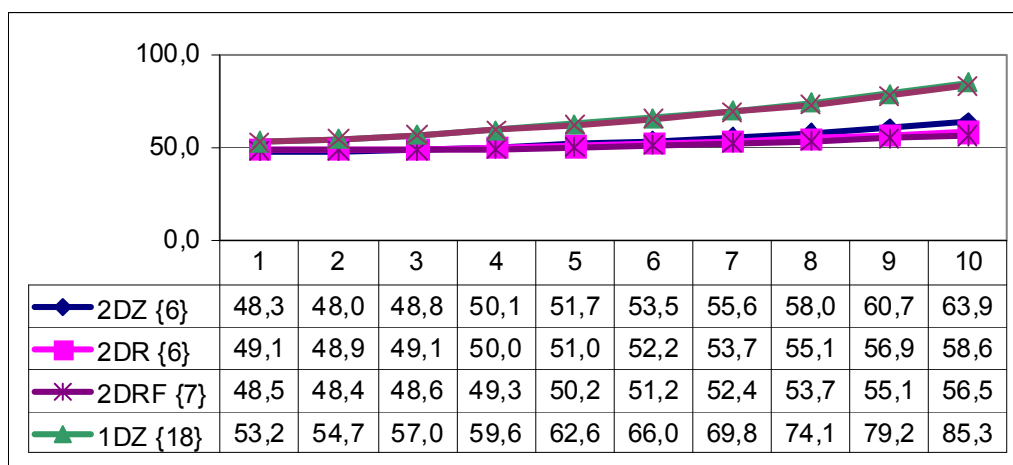
Поскольку отдельное преобразование предсказания – восстановление является обратимым и гарантирует восстановление без потерь, то такими же свойствами обладает и итерационное предсказание.

Результаты экспериментов

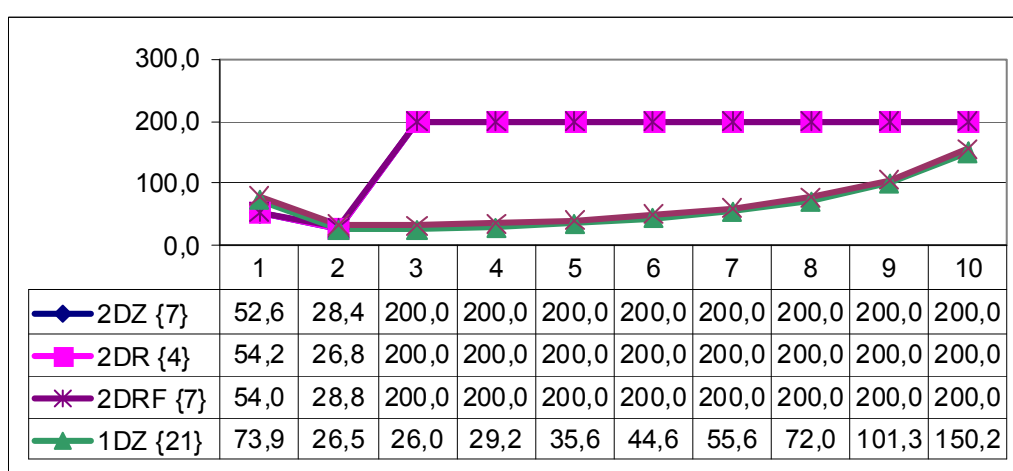
Для тестирования итерационного предсказания использовались изображения в градациях серого, приведенные на рис. 1: а) фотографические изображения (*Lena*); б) машинописный текст (*Text*); в) данные, полученные электронным микроскопом, представляющие собой матрицу высот (*Microscope*).

Оценка эффективности предсказания проводилась согласно методике, приведенной в [6]: оценивалась дисперсия полученного результата (ошибки) предсказания сканируемых пикселей для каждого изображения.

На рис. 2 и 3 приведены способы формирования входов предсказателя для 1D- и 2D-вариантов. Способы обхода изображения: а) обход с разрывами, зигзаг-сканирование (обход *Z*); б) обход с поворотами (*rotate*, обход *R*). При обходе *R* для входов 2D в качестве дополнительного варианта производится переворот матрицы синапсов предсказателя (*flip*, обход *RF*), подробнее в [7].



б – Text



в – Microscope

Рис. 4. Результаты тестирования адалина с одномерным (1D) входным вектором. Начало на с. 10

При предсказании фотографических (*Lena*) и искусственно синтезированных (*Text*) изображений преимущество показали адалины 2D. При этом проявился эффект уменьшения дисперсии в ходе итерационного предсказания (примерно на 5 % для *Lena* и на 0,5 % для *Text*). Для адалинов 1D такой эффект отсутствует.

При прогнозировании данных микроскопа (*Microscope*), которые являются менее сложными и имеют регулярную структуру, более устойчивую работу показали адалины 1D. Эффект уменьшения дисперсии в процессе итераций проявился значительно: для входов 1D (примерно на 60–65 %) и 2D (примерно на 50 %). Для схемы 2D произошло быстрое достижение минимума, а затем резкое увеличение дисперсии (значения на графике ограничены уровнем 200).

Подобный характер уменьшения дисперсии, а затем ее роста при итерационном подходе выявлен в работе [8] для прогнозирования данных микроскопа и работе [9] для межканальной декорреляции моноканальных сигналов. Результатом работы предсказателя является функция ошибки предсказания. При итерационном предсказании происходит предска-

ние ошибки предсказания. Когда достигнут минимум дисперсии ошибки, то ошибка является декоррелированным шумом, и при последующих итерациях предсказания дисперсия растет.

Выводы:

1. Результаты экспериментов подтвердили преимущество итерационного использования адалинов перед схемой с одной итерацией предсказания.
2. В ходе сжатия данных необходимо определить оптимальные параметры адаптивных линейных предсказателей: n – число входов; k – число итераций. В данной работе выбор делался среди $n \cdot k = 21 \times 10 = 210$ вариантов для каждого предсказателя. Для восстановления данных необходимо указать n и k , которые были использованы при сжатии.
3. Предложенный метод позволяет повысить степень сжатия изображений без потерь.

Библиографические ссылки

1. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М. : Диалог-МИФИ, 2003. – 384 с.
2. Коробейников А. В., Погудин С. И., Смирнов В. С., Гафаров Р. М. Прогнозирование значений пикселей на

основе адаптивных линейных нейронов при сжатии изображений без потерь // Интеллектуальные системы в производстве. – 2015. – № 1. – С. 19–25.

3. Гафаров М. Р. Улучшение метрологических характеристик сканирующего туннельного микроскопа // Электронные устройства и системы : межвузовский сборник научных трудов. – Уфа : УГАТУ, 2008. – С. 200–204.

4. Итерационное использование формул межканальной декорреляции многоканальных сигналов / А. В. Коробейников, Р. М. Гафаров, А. Ф. Мухамедшин, Р. С. Франченко // Интеллектуальные системы в производстве. – 2012. – № 2. – С. 25–28.

5. Коробейников А. В., Погудин С. И., Смирнов В. С., Гафаров Р. М. Прогнозирование значений пикселей на основе адаптивных линейных нейронов при сжатии изображений без потерь. С. 19–25.

6. Гафаров М. Р. Указ. соч.

7. Коробейников А. В., Погудин С. И., Смирнов В. С., Гафаров Р. М. Прогнозирование значений пикселей на основе адаптивных линейных нейронов при сжатии изображений без потерь. С. 19–25.

8. Гафаров М. Р. Указ. соч.

9. Итерационное использование формул межканальной декорреляции многоканальных сигналов / А. В. Коробейников, Р. М. Гафаров, А. Ф. Мухамедшин, Р. С. Франченко. С. 25–28.

Korobeynikov A. V., PhD in Engineering, Associate Professor, Institute of Mechanics UB RAS, Kalashnikov ISTU

Smirnov V. S., Post-graduate, Institute of Mechanics UB RAS, Kalashnikov ISTU

Pogudin S. I., Master's degree student, Institute of Mechanics UB RAS, Kalashnikov ISTU

Gafarov R. M., PhD in Engineering, Associate Professor, Institute of Mechanics UB RAS, Kalashnikov ISTU

Egorov S. F., PhD in Engineering, Associate Professor, Institute of Mechanics UB RAS, Kalashnikov ISTU

Iterative prediction of pixel values based on adaptive linear neurons in lossless image compression

A method for pixel values iterative predicting in lossless image compression based on adaptive linear neurons (adalin) is proposed. The proposed method allows increasing the degree in lossless image compression. One-dimensional and two-dimensional adalin inputs layouts are considered.

Keywords: lossless image compression, adaptive linear neuron, adalin, prediction, iteration.

Получено: 01.10.15