

УДК 004.94

Е.О. Шамраева

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД КОМПРЕССИИ ТОМОГРАММ

В работе предложен комплексный метод сжатия томографических данных без потерь. Предложенный метод основан на классических и модифицированных алгоритмах сжатия данных без потерь, позволяющих уменьшить не только межэлементную избыточность данных на каждом снимке, но и межкадровую избыточность, обусловленную особенностями томографических данных.

Ключевые слова: томограммы, сжатие, модифицированный алгоритм кодирования длин серий, дельта-кодирование, кодирование Хаффмана, межэлементная и межкадровая избыточности.

Введение

В настоящее время в медицине одним из наиболее информативных диагностических методов является компьютерная томография (рентгеновская компьютерная томография и магнито-резонансная томография). Томография – метод неразрушающего послойного исследования внутренней структуры объекта, основанный на измерении разности ослабления рентгеновского излучения различными по плотности тканями (рентгеновская компьютерная томография), или на измерении электромагнитного отклика ядер атомов водорода на возбуждение их определенной комбинацией электромагнитных волн в постоянном магнитном поле высокой напряженности (магнито-резонансная томография). Применение той или иной разновидности метода диагностики обуславливается характером визуализируемых объектов. Результат исследований представляет собой набор (от полусотни до нескольких сотен) полутоновых изображений (томографических снимков) размером 512×512 пикселей.

На сегодняшний день серьезной проблемой является долгосрочное хранение результатов томографических исследований для оценки эффективности проводимых лечебных процедур и контроля состояния пациента в динамике (полный набор томограмм одного исследования может занимать порядка 100 МБ памяти (размер одного снимка от 500 кБ до 700 кБ)). Решить эту проблему можно путем применения методов сжатия данных без потерь (т.е. со 100% восстановлением исходных данных), т.к. именно этот вариант сжатия является единственно допустимым способом сокращения объема медицинских данных.

Существующие универсальные алгоритмы сжатия данных без потерь (например, кодирование Хаффмана, кодирование длин серий (RLE), алгоритмы серии LZ и т.д.) и алгоритмы сжатия изображений без потерь (например, JPEG 2000 в режиме сжатия без потерь, JPEG-LS и др.) [1 – 3] не могут быть эффективно использованы для сжатия томо-

графических данных, т.к. не учитывают их специфику.

Специфичность томографических данных заключается в том, что:

1) часть снимка состоит из длинных серий одинаковых (черных) пикселей, что говорит о наличии межэлементной избыточности (рис. 1, а);

2) различия между двумя соседними томограммами незначительны (рис. 1), что позволяет выявить межкадровую избыточность;

3) размер всех томографических снимков постоянный и составляет 512×512 пикселей;

4) во всех файлах снимки одинаково позиционированы.

Существующие алгоритмы учитывают только одну из особенностей (например, алгоритм RLE учитывает первую особенность, а алгоритм дельта-кодирования – вторую), не принимая во внимание остальные. Поэтому разработка методов компрессии без потерь для сжатия томографических данных достаточно актуальна.

Изложение основного материала

Модификация методов сжатия без потерь под томографические данные

Применение алгоритма кодирования длин серий может решить проблему межэлементной избыточности на каждом томографическом снимке путем кодирования серий одинаковых пикселей. Суть алгоритма заключается в преобразовании значений элементов вдоль строки изображения $f(x, 0), f(x, 1), \dots, f(x, N-1)$ в набор следующих пар [1]:

$$rle = (g_1, w_1), (g_2, w_2), \dots, (g_i, w_i), \quad (1)$$

где g_i – значение яркости на отрезке (серии) i ;

w_i – длина серии.

Данное преобразование чаще всего используют для бинаризованных изображений [2].

Однако томографический снимок (рис. 1, а) является полутоновым изображением, причем, если черные (с нулевой яркостью) пиксели можно заме-

нить достаточно длинными сериями (вплоть до 512 пикселей), то остальные (ненулевые) пиксели представлены практически единичными значениями длин серий. Поэтому применение метода RLE в виде (1) может быть неэффективно для сжатия томографических данных: все преимущества сокращения кодирования черных пикселей утрачиваются из-за увеличения кода для всех остальных пикселей.

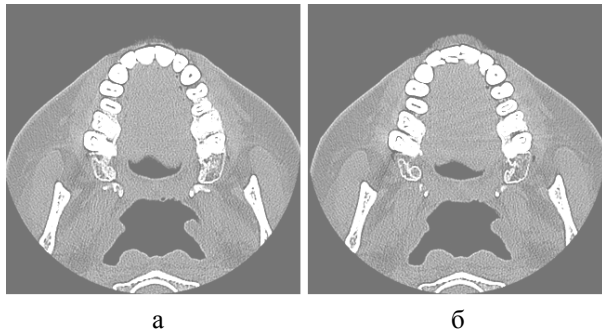


Рис. 1. Томограммы: а – первый снимок; б – второй

В связи с этим, автором предлагается модификация метода кодирования длин серий (1), заключающаяся в следующем. Значения элементов вдоль строки изображения $f(x, 0), f(x, 1), \dots, f(x, 511)$ преобразуются в:

$$rle_m = \begin{cases} (0, w_1), (0, w_2), \dots, (0, w_i), \dots & \text{если } g_i = 0; \\ g_1, g_2, \dots, g_i, \dots & \text{в остальных случаях,} \end{cases}$$

В серии объединяются исключительно пиксели, значение яркости которых равняется нулю (рис. 2). Меткой начала серии пикселей с нулевой яркостью является нулевое значение элемента ряда, за которым следует значение длины серии $(0, w_i)$.

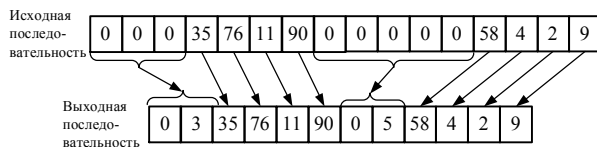


Рис. 2. Пример работы алгоритм RLE, модифицированного под томографические данные

Если за значением длины серии следует ненулевое значение, то оно обозначает значение яркости единичного пикселя (g_i) , за которым может идти как пара значений $(0, w_j)$, так и (g_j) .

Данный алгоритм никак не влияет на длину кода, соответствующую пикселям с ненулевой яркостью, и существенно уменьшает длину кода черных пикселей (с нулевой яркостью).

Для работы с единой структурой данных алгоритм модифицирован под работу с однобайтовыми указателями, для чего на начальном этапе:

– размер томограммы уменьшается до 510×510 путем удаления по ее периметру по одному пикселю (обычно с нулевой яркостью);

– томограмма по вертикали и горизонтали делится пополам и дальнейшее преобразование осуществляется над снимками размером 255×255 (рис. 3).

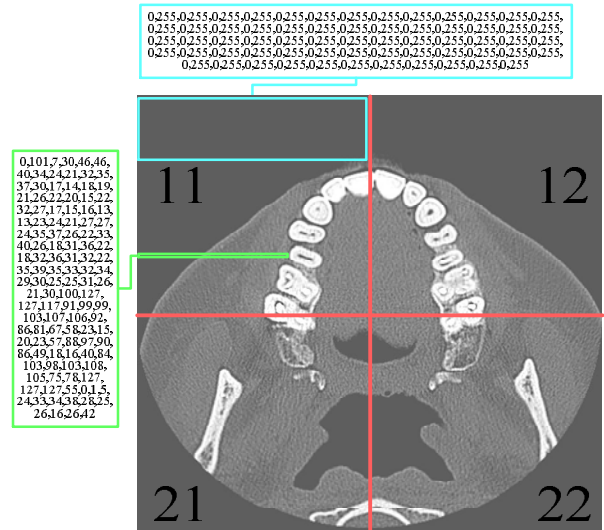


Рис. 3. Пример формирования базового снимка

При декомпрессии данных размер томограммы восстанавливается до исходных 512×512 пикселей.

С помощью модифицированного RLE-алгоритма (2) устраняется межэлементная избыточность на снимке, однако не устраняется межкадровая избыточность, присутствующая в наборе томографических снимков одного исследования из-за значительной корреляции (95 – 99%) двух соседних томограмм (рис. 1).

Специфичность томографических данных позволяет учесть и устранить межкадровую избыточность с помощью алгоритмов, применимых для компрессии видеоинформации [4], тем самым значительно уменьшить объем данных, причем без потерь.

Автором предложен комплексный метод сжатия томографических данных без потерь, состоящий из следующих этапов (рис. 4):

- 1) базовый (первый) снимок преобразуется с помощью модифицированного RLE-алгоритма (2);
- 2) каждый последующий снимок кодируется по принципу видеоданных: находится расхождение или разность между текущим и базовым снимками и кодируется только эта разность (рис. 5).

Если новый снимок отличается от базового на более чем 10% (определено опытным путем), то его необходимо кодировать независимым образом с помощью алгоритма (2). И уже этот новый снимок принимается как базовый.

Второй этап повторяется до тех пор, пока есть необработанные томографические снимки;

3) после обработки всех томографических данных, полученный ряд чисел кодируется с помощью алгоритма Хаффмана.

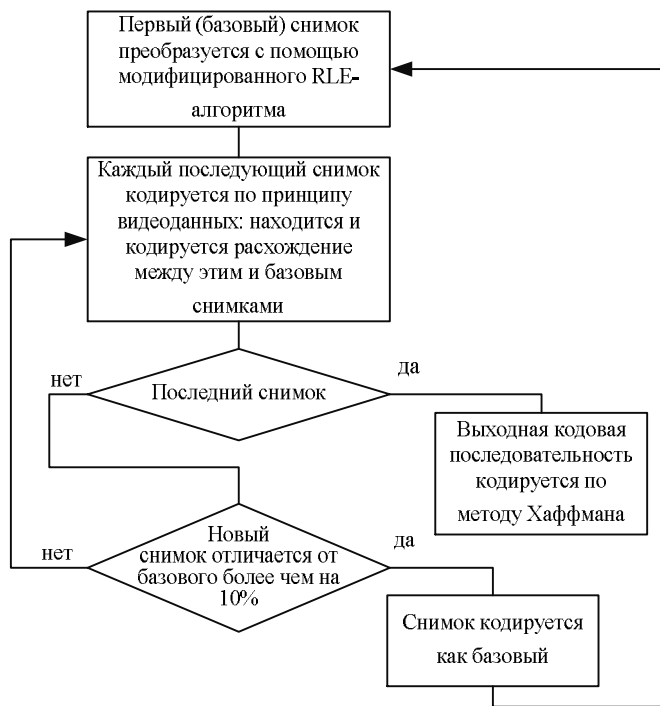


Рис. 4. Комплексный метод сжатия томографических данных без потерь

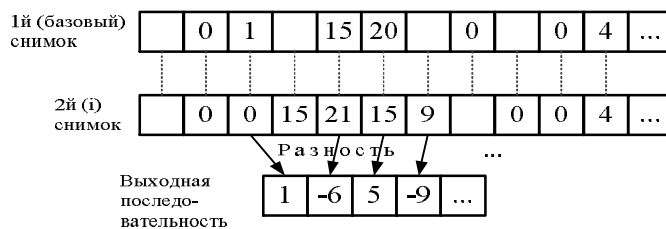


Рис. 5. Пример работы алгоритм дельта-кодирования, модифицированного под томографические данные

Применение разработанного комплексного метода для сжатия томографических данных позволило сократить объем данных более чем в 5 раз, что для методов сжатия без потерь [5] является высоким показателем.

Выводы

В работе предложен комплексный метод компрессии данных без потерь, адаптированный к сжатию томографических данных. Модификация классических алгоритмов позволила удалить как межэлементную избыточность на каждом снимке, так и межкадровую избыточность, присущую томографическим данным.

Предложенный метод позволил сократить объем данных более чем в 5 раз.

Список литературы

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; пер. с англ. Чоуа П.А. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
2. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука [Текст] / Д. Сэломон. – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.
3. Сергеенко В.С. Сжатие данных, речи, звука и изображений в телекоммуникационных системах [Текст] / В.С. Сергеенко, В.В. Баринов. – М.: Радиософт, 2012. – 360 с.
4. Ричардсон Я. Витреокодирование. H.264 и MPEG-4 – стандарты нового поколения [Текст] / Я. Ричардсон. – М.: Техносфера, 2005. – 368 с.
5. Устюжанин Д.В. Оценка эффективности алгоритмов сжатия МР-изображений для передачи по компьютерным сетям для телерадиологических консультаций [Текст] / Д.В. Устюжанин, О.С. Пьяных // Медицинская визуализация: мат-лы 2-го Всероссийского национального конгресса по лучевой диагностике и терапии. – М., 2008. – С. 292-293.

Поступила в редколлегию 27.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Г. Удовенко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД КОМПРЕСІЇ ТОМОГРАМ

О.О. Шамраєва

У роботі запропоновано комплексний метод стиснення томографічних даних без втрат. Запропонований метод заснований на класичних і модифікованих алгоритмах стиснення даних без втрат, що дозволяють зменшити не тільки міжелементну надмірність даних на кожному знімку, та й міжкадрову надмірність, обумовлену особливостями томографічних даних.

Ключові слова: томограми, стиснення, модифікований алгоритм кодування довжин серій, дельта-кодування, кодування Хаффмана, міжелементна і міжкадрова надмірності.

COMPLEX COMPRESSION METHOD OF TOMOGRAMS

E.O. Shamraeva

This paper presents a complex compression method of tomographic data without loss. The proposed method is based on the classic and modified lossless data compression algorithms, which allow reducing not only the inter-element data redundancy on each shot, but the inter-frame redundancy, due to the peculiarities of tomographic data.

Keywords: tomograms, compression, modified algorithm of encoding of lengths of series, delta-encoding, encoding of Khaffmana, interelement and interskilled surplus.