

**Д. В. Новиков** – студент кафедры информационных систем

**М. Р. Гильмутдинов** – научный руководитель

## МЕТОД СЖАТИЯ ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ БЕЗ ПОТЕРЬ

Компрессия изображений достигается путем удаления или сокращения избыточности. Избыточность фотореалистичных изображений образуется за счет корреляции между пикселями, поэтому преобразования, которые делают внутрикомпонентную декорреляцию, одновременно удаляют избыточность [1].

Пиксели цветных изображений состоят из трех компонент, например красного, зеленого и синего. Эти компоненты, как правило, достаточно сильно коррелируют друг с другом. Таким образом, помимо внутрикомпонентной декорреляции необходимо также выполнять межкомпонентную.

Наиболее успешная схема, выполняющая как межкомпонентную, так и внутрикомпонентную декорреляцию, была предложена в кодеке jpeg-ls часть 2 в 2003 году [2] и представляла собой связку цветового преобразования, которое далее будем называть HP1 и схемы пространственного предсказания пикселя MED (Median Edge Detection).

HP1 цветовое преобразование вычисляется по формуле 1. Основная его суть заключается в предположении, что зеленая компонента лучше всего коррелирует с красной и синей, и поэтому ее разность с этими компонентами даст хороший декоррелирующий эффект.

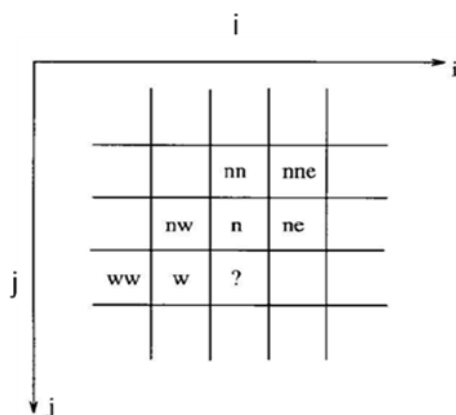
$$C_g = G \quad (1)$$

$$C_r = R - G,$$

$$C_b = B - G$$

где R, G, B – компоненты изображения

На рисунке 1 представлено MED (Median Edge Detection) предсказание. Эта схема выполняет предсказание пикселя на позиции  $i, j$ , основываясь на его соседях. Названия соседей данного пикселя – это первые буквы названий направлений. Например, *north* – *n*, *west* – *w* и т.д.  $I_x$  – это значение пикселя-соседа на позиции  $x$ ,  $P$  – это предсказанное значение текущего пикселя на позиции  $i, j$ . Если при анализе соседей алгоритм посчитает, что вблизи текущего пикселя проходит вертикальный контур, то предсказанным значением будет являться значение пикселя-соседа сверху. Если алгоритм предположит наличие горизонтального контура, то предсказанием будет пиксель-сосед слева. Третий случай сделан для диагонального контура.



$$P = \begin{cases} \min(I_w, I_n) & \text{if } (I_{nw} \geq \max(I_w, I_n)) \\ \max(I_w, I_n) & \text{if } (I_{nw} \leq \min(I_w, I_n)) \\ I_w + I_n - I_{nw} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Рис. 1. Схема предсказания MED

Стоит сказать, что связка HP1+MED – это достаточно хорошее решение. Алгоритм не требует сложных вычислений и в большинстве случаев отработает достаточно хорошо. Недостатком такой связки является то, что здесь абсолютно не учитывается корреляция красной и синей компоненты, хотя зачастую они бывают очень схожи. Кроме того, схема не чувствительна к локальным особенностям изображения, и в случае плохой локальной корреляции зеленой компоненты с остальными, предсказание MED на разностях R-G и B-G в данной области отработает плохо. Еще одним недостатком является недостаточный учет внутрикомпонентной корреляции. Так MED предсказание просматривает только трех соседей данного пикселя, и в случае наличия шумовой составляющей в одном из них, предсказание будет очень плохим.

Предлагаемое решение носит название ICP (Inter-Component Prediction) алгоритм. ICP является локально-адаптивной одноканальной схемой, которая базируется на корреляции градиентов пикселей в каналах изображения. Схема выбирает необходимый способ предсказания на основе анализа соседей данного пикселя с координатами  $i, j$  как в текущем канале, так и в уже закодированных каналах. Так при предсказании пикселей зеленого канала используется только внутрикомпонентная корреляция, при предсказании пикселей красного канала будет использоваться уже закодированный зеленый, а при предсказании синего канала будут использоваться уже два закодированных канала.

Предположим, выполняется предсказание пикселя на красном канале на позиции  $i, j$  (рис. 2). Основная суть алгоритма заключается в следующем. Основываясь на поведении функции интенсивности в уже закодированном зеленом канале, вблизи пикселя с координатами  $i, j$ , и такой же информации в текущем канале, алгоритм пытается предсказать некоторую поправку к диагональному градиенту на зеленом канале. Диагональный градиент  $\nabla^G(c, nw)$  рассчитывается в соответствии с формулой (2). Сумма этой поправки, самого значения диагонального градиента на зеленом канале  $\nabla^G(c, nw)$  и пикселя на позиции  $nw$  в текущем красном канале даст предсказанное значение пикселя на позиции  $i, j$ .

$$\nabla^x(i, j) = i - j, \quad (2)$$

где  $x : \{R, G\}$  – компонента,  $i$  и  $j$  – пиксели изображения

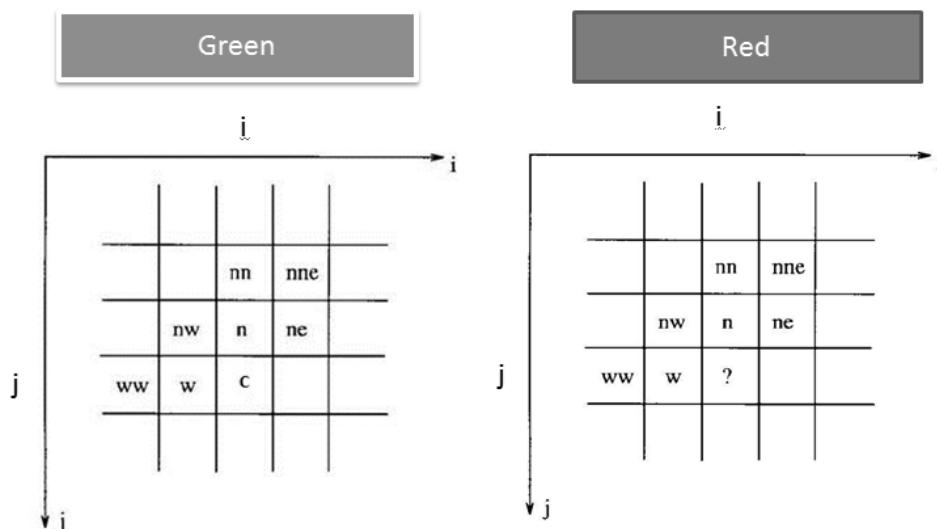


Рис. 2. Пиксельная сетка. Предсказание пикселя на позиции  $i, j$

В случае кодирования синего канала, заранее сказать, по какому каналу вести предсказание, основываясь например, на корреляции компонент, нельзя. Примером является случай, изображенный на рисунке 3, где у красной и зеленой компонент имеется область, отсутствующая на синей компоненте, и предсказывать эту область на синей компоненте по остальным каналам нельзя. Хотя каналы достаточно сильно коррелируют друг с другом.

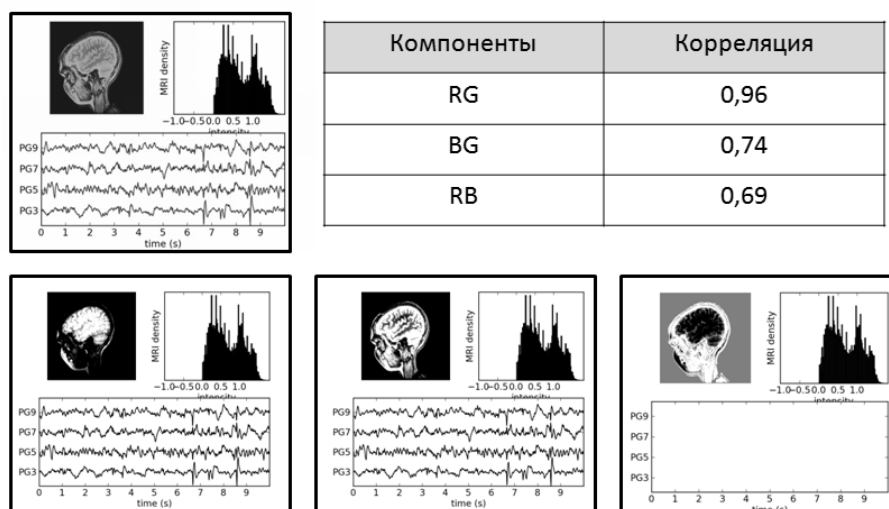


Рис. 3. Недостатки межкомпонентного предсказания

На такой случай в ICP предлагается использовать пространственное предсказание. Алгоритм остается тем же самым, но теперь области для оценки поведения функции интенсивности, которые выделялись на уже закодированном канале, будут выделяться в текущем канале вблизи основной области. На основе предсказания по участкам соседних областей, алгоритм получает возможные варианты предсказания и затем находит по ним среднее значение. Оно и будет являться предсказанием текущего пикселя.

Возвращаясь к выбору каналов для предсказания, при кодировании синей компоненты было решено использовать оба закодированных канала одновременно, но предсказанному значению по каждому из каналов назначить некоторый коэффициент, который будет рассчитываться на основе предыстории ошибок предсказания по данному каналу. В результате, чем хуже выполняется предсказание по данному каналу, тем меньше будет значение коэффициента у предсказанного значения по этому каналу.

В качестве критериев оценки эффективности нашего метода в сравнении со схемой HP1+MED, были выбраны оценка средней дисперсии ошибок [3] в соответствии с формулой (3) и оценка средней энергии ошибок, нормированной на размер изображения, в соответствии с формулой (4).

$$D[E] = \sum_i ((E[i])^2 \cdot p_i) - (\sum_i (E[i] \cdot p_i))^2, \quad (3)$$

где  $E$  – ошибки предсказания,  $i$  – номер пикселя изображения,  $p$  – вероятности ошибок предсказания

$$Energy[E] = [\sum_i (E[i])^2] / size, \quad (4)$$

где  $E$  – ошибки предсказания,  $i$  – номер пикселя изображения,  $size$  – число пикселей изображения

Выбранное тестовое множество обладает следующими свойствами:

- число изображений: 332 ;
- максимальный размер файла: 29 618 149 байт;
- максимальное разрешение файла: 5696\*8544;
- общий размер множества: 3495606399 байт.

Главные особенности:

- 3 цветные компоненты (R, G, B) в каждом файле;
- 8 бит на компоненту.

Результаты сравнения декоррелирующих схем HP1+MED и ICP на данном тестовом множестве приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение декоррелирующих схем HP1+MED и ICP

	Среднее значение дисперсии ошибок предсказания	Среднее значение энергии ошибок предсказания
HP1+MED	57,091	1,78
ICP	24,149	1,64

При установке модуля ICP вместо схемы HP1+MED в кодек jpeg-ls был получен выигрыш 2,6%. Столь небольшой выигрыш объясняется настройкой контекстных моделей и кодера непосредственно под схему HP1+MED.

Таким образом, разработанный алгоритм обладает следующими свойствами:

- локально-адаптивная схема предсказания;
- в отличие от HP1 в алгоритме используется корреляция всех компонент между собой;
- использование внутрикомпонентной корреляции;
- в отличие от предсказания MED при пространственном предсказании просматриваются больше соседей пикселя;
- текущая реализация ICP позволяет выиграть по сжатию 2.6% на тестовом множестве.

#### **Библиографический список**

1. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука, Техносфера, 2006
2. Information technology — Lossless and near-lossless compression of continuous-tone still images: Extensions, ISO/IEC 14495-2, 2003
3. Андронов А.М., Копытов Е.А., Теория вероятностей и математическая статистика, 2004