

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЕСТИУГОЛЬНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ВИДЕОКОМПРЕССИИ

**Умняшкин С.В.**, д.ф.-м.н., профессор Национального исследовательского университета РФ «МИЭТ»,  
e-mail: vrinf@miee.ru

**Шаронов И.О.**, аспирант Национального исследовательского университета РФ «МИЭТ»,  
e-mail: igor.sharonov@gmail.com

**Ключевые слова:** шестиугольные блоки, дискретное вейвлет-преобразование, компенсация движения, видеосжатие.

### Предварительные замечания

Видео – это последовательность визуально связанных статических изображений, имеющих два вида избыточности: временную и пространственную. Временная избыточность появляется вследствие сходства соседних кадров видеопоследовательности. Пространственная избыточность является свойством статического изображения: близко расположенные пиксели внутри изображения сильно коррелированы. Процесс видеокодирования обычно сначала устраняет временную избыточность, а затем пространственную.

Ключевой кадр, или  $I$ -кадр, – это кадр, который сжимается как статическое изображение. Кодирование и декодирование  $I$ -кадров происходит независимо от остальных кадров видеоряда; помимо первого кадра, их периодически вставляют в видеопоток. Следующий кадр сравнивается с предыдущим  $I$ -кадром поблочно, чтобы найти похожие области на изображениях. С помощью векторов перемещений, которые характеризуют перемещения блоков кадра, сначала строится изображение из блоков предыдущего кадра. Полученное изображение вычитается из оригинального кадра и формируется разностное изображение, кодируемое далее как статическое. Кадры, полученные с помощью компенсации движения по одному предыдущему, называются  $P$ -кадрами. Далее, данный процесс повторяется. Чаще всего элементарной областью поиска движения являются небольшие блоки, на которые разбивается весь кадр. Самой лучшей фигурой блока являлся бы круг, так как при заданной площади фигуры он объединяет наиболее близко расположенные точки изображения, а, следовательно, и наиболее коррелированные наилучшим образом. Однако покрыть изображение одинаковыми круглыми блоками без перекрытия невозможно.

В современных видеокодеках при анализе межкадрового перемещения используются квадратные блоки. Однако шестиугольные блоки по форме ближе к кругу, чем квадратные, поэтому можно ожидать увеличение

Рассматривается алгоритм компенсации движения на основе шестиугольной формы блоков в приложении для сжатия видеопоследовательностей. Для сжатия разностного изображения, получаемого после компенсации движения, использован алгоритм SPIHT на основе дискретного вейвлет-преобразования (ДВП). Экспериментально показано, что применение шестиугольной формы блоков при компенсации движения позволяет повысить PSNR обработанной видеопоследовательности в среднем на 0.15

визуального качества видео при использовании шестиугольных блоков.

Качество видеокompрессии может быть измерено в результате сравнения оригинального кадра с восстановленным изображением. Для подсчета разницы обычно используется среднеквадратическое отклонение (СКО, mean square error, MSE). Как характеристику качества обработки всей последовательности чаще всего используют пиковое отношение сигнала к шуму (peak signal to noise ratio, PSNR):

$$PSNR = 10 \lg \frac{255^2}{\frac{1}{P} \sum_{k=1}^P MSE^2(I_k, \tilde{I}_k)} \quad (\text{дБ}), \quad (1)$$

где  $I$  – оригинальный кадр,  $\tilde{I}$  – восстановленный кадр,  $P$  – общее количество кадров,  $k$  – порядковый номер кадра.

Предлагаемый нами видеокодек, структурная схема которого изображена на рис 1, представляет собой развитие [1], связанное с заменой в алгоритме компенсации движения квадратных блоков на шестиугольные. Для сжатия  $I$ -кадров и разностного изображения использовался метод SPIHT [2], а для энтропийного кодера и декодера был выбран арифметический кодер [3].

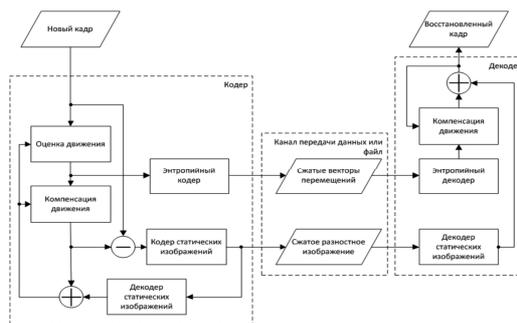


Рис. 1. Типичная схема кодирования/декодирования видеоряда

## Блочная компенсация движения

Современные видеокодеки [4] используют различные методы для повышения визуального качества и степени сжатия видео. Чтобы уменьшить временную избыточность, применяется процедура компенсации движения, которая использует векторы перемещений блоков изображения, найденные на этапе оценки движения. Векторы перемещений получаются в результате деления области изображения на блоки одинаковой формы, обычно квадратные, и сравнения этих блоков с блоками на опорном кадре, чаще всего предыдущем и уже обработанном (рис. 2). Анализируемый блок попиксельно смещается в области поиска опорного кадра, пока не будет найдено оптимальное положение, которое определяется минимальным значением СКО. Вектор перемещения определяет оптимальное положение блока.

Существует множество методик уменьшения времени поиска векторов перемещений, см., например, [5, 6, 7]. В [1] разработаны шаблоны поиска для оценки движения, которые имеют решетчатую структуру (рис. 3). Конкретный шаблон применяется в зависимости от некоторых условий. Поиск по шаблону происходит только в закрашенных позициях рис. 3. Если найденный вектор попал в зону 1 или 2, то производится уточняющий поиск по окружающим незакрашенным позициям.

При восстановлении кадра в алгоритме блочной компенсации движения чаще всего используется перекрывающаяся весовая функция, накладываемая на блоки [8]. Такая технология называется блочной компенсацией движения с перекрытием (overlapped block motion compensation, ОБМС) и обеспечивает устранение нежелательных блочных артефактов на изображении. Также ОБМС используется и при оценке движения, чтобы получить более точные векторы перемещений.

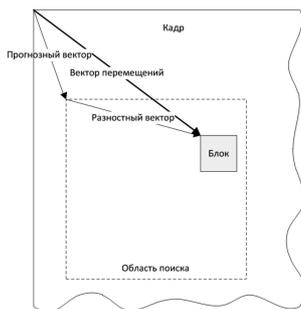


Рис. 2. Процесс оценки движения

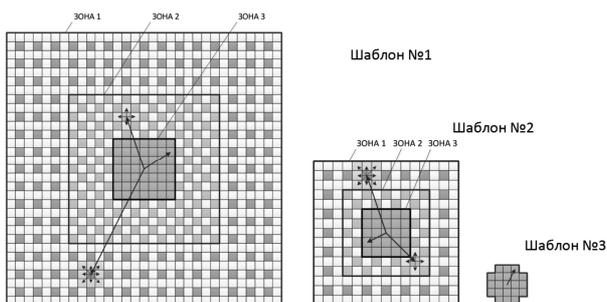


Рис. 3. Шаблоны поиска векторов перемещений блоков

Чтобы обеспечить баланс между качеством и битовым размером видео при поиске перемещенных блоков изображения, применяют процедуру минимизации RD-функции (rate-distortion, RD-optimization) [9]:

$$J(\vec{r}) = D(\vec{r}) + \lambda \cdot R(\vec{r}), \quad (1)$$

где  $J(\vec{r})$  – это функция Лагранжа, у которой требуется найти минимум,  $\vec{r}$  – вектор перемещения блока,  $D$  – ошибка приближения блока кодируемого кадра блоком опорного кадра (обычно применяется СКО),  $R$  – количество битов, необходимых для энтропийного кодирования вектора  $\vec{r}$ ,  $\lambda$  – коэффициент Лагранжа, который подбирается эмпирически. Для оптимального вектора перемещения  $\vec{r}^*$  функция  $J(\vec{r}^*)$  достигает своего минимума, и соответствующий блок на опорном кадре считается наиболее подходящим для приближения текущего блока в обрабатываемом кадре.

Большинство векторов перемещений  $\vec{r}$  либо имеют нулевую длину, либо совпадают с вектором перемещения соседнего блока. Для учета данного факта применяются схемы предсказания вектора перемещения. Область поиска смещается на прогнозный вектор перед тем, как произвести поиск вектора перемещения. В таком случае вектор перемещения получается более коротким и может быть сжат более эффективно. Прогнозный вектор строится на основе анализа векторов соседних блоков, см., например, [10].

Предлагаемый нами видеокодек использует для сжатия разностного изображения кодер неподвижных изображений, основанный на дискретном вейвлет-преобразовании (ДВП). Имеется множество работ, посвященных видеокодированию [11, 12, 13], в которых используется ДВП, но алгоритм блочной компенсации движения в них основан на традиционной квадратной форме блоков.

### Предлагаемый метод

Как уже упомянуто ранее, основой предлагаемого подхода является использование шестиугольной формы блоков при оценке движения, а не традиционной квадратной.

#### Шестиугольный блок

Предлагаемая шестиугольная форма блоков имеет ту же площадь, что и квадратные блоки 8x8, то есть 64 пикселя, и вкладывается в прямоугольник 8x10 пикселей (рис. 4а). Блок горизонтально вытянут, так как в видео-последовательностях обычно преобладают горизонтальные перемещения объектов.

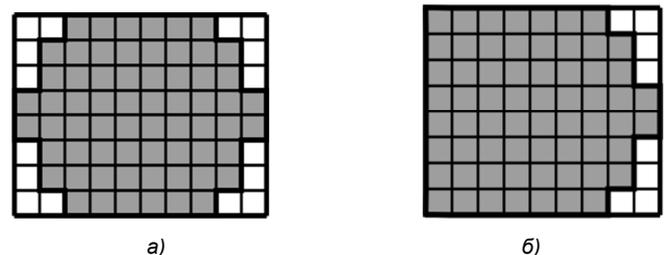


Рис. 4. а) пиксельная реализация шестиугольной формы; б) пиксельная реализация граничного шестиугольного блока

Разместить шестиугольные блоки по всей области изображения без пустот по краям невозможно. Поэтому используется пиксельное расширение границ изображения (рис. 5). Чтобы уменьшить количество блоков на изображении, используется специальный граничный блок на левой и правой сторонах кадра (рис. 4б).

Для исследования различных вариантов расширения изображения был проведен ряд экспериментов. Например, изображение расширялось добавлением пикселей со значением 0, 127 и 255. Другой вариант расширения заключался в зеркальном отображении изображения вдоль границы. Результаты показали, что лучшее качество восстановленного видео достигается при копировании последнего пикселя границы в область расширения (рис. 5). Такой именно вариант используется далее в нашей работе.

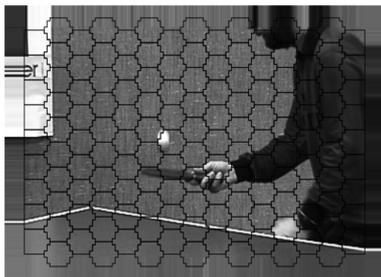


Рис. 5. Покрытие изображения шестиугольными блоками

#### Сегментация кадра шестиугольными блоками

Можно заметить, что при разбиении изображения на шестиугольные блоки структура расположения блоков различается по горизонтальной и вертикальной осям (рис. 5). Поэтому понятия «строка» и «столбец» должны быть определены заново. «Столбец» определяется как совокупность блоков, расположенных друг над другом по вертикальной оси (рис. 6а), а «строка» состоит из блоков, которые смещены друг относительно друга на половину размера блока по горизонтальной оси. После определения строки и столбца блока, можно найти все соседние блоки.

Обычно блоки имеют 6 соседей (см. рис. 6а):

- два соседа располагаются в левом верхнем и правом верхнем углах;
- два соседа располагаются в левом нижнем и правом нижнем углах;
- один сосед находится над рассматриваемым блоком;
- один сосед находится под блоком.

В [1] предлагается специальная группировка квадратных блоков по слоям (используется 3 слоя). Применение такой схемы позволяет уменьшить время поиска вектора перемещения, вследствие уменьшения области поиска для каждого следующего слоя, и повысить степень предсказания векторов. Следуя этой идее, опишем, как предлагается реализовать трехслойную схему для шестиугольных блоков.

Каждому шестиугольному блоку присваивается номер  $L \in \{1, 2, 3\}$ , соответствующий слою, к которому относится этот блок. Так, номер слоя для первого столбца блоков на рис. 6б может быть вычислен по формуле:

$$L = \text{mod}(i + 1, 3) + 1,$$

где  $i$  – индекс строки блока (нумерация строк и столбцов начинается с 0).

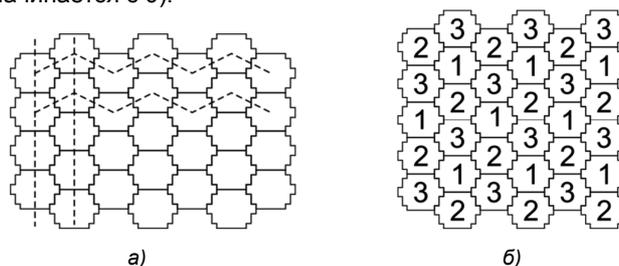


Рис. 6.

- а) строки и столбцы структуры шестиугольных блоков;  
б) распределение блоков по трем слоям

Номер слоя для блоков из второго столбца на рис. 6б определяется как

$$L = \text{mod}(i + 2, 3) + 1$$

Правило вычисления номера слоя для третьего столбца имеет тот же вид, что и для первого; для четвертого – что и для второго, и т.д.

Номер  $L$  слоя блока с произвольными координатами  $(i, j)$  может быть вычислен следующим образом:

$$L = \text{mod}(i + \text{mod}(j, 2) + 1, 3) + 1$$

У блоков второго слоя есть 3 соседа из первого слоя. Блоки первого и второго слоев являются соседями для блоков третьего слоя рис. 6б. Количество блоков по слоям распределено примерно одинаково, поэтому на каждый слой приходится примерно по 1/3 площади всего изображения.

#### Алгоритм компенсации движения

После разбиения изображения на шестиугольные блоки поиск векторов перемещений производится слой за слоем.

**Первый слой.** Среди блоков первого слоя выбираются 1/6 блоков, для которых находятся векторы перемещений с помощью шаблона поиска № 1 (рис. 3). На основе найденных векторов, путем медианной фильтрации, строится глобальный вектор перемещения кадра. Далее его используют как прогнозный вектор для поиска векторов перемещений для первого слоя, используя тот же первый шаблон поиска.

**Второй слой.** На втором слое для поиска векторов перемещений используется шаблон поиска № 2 (рис. 3). Прогнозный вектор получается в результате медианной фильтрации векторов соседних блоков из первого слоя (рис. 7а). Область поиска затем смещается на вектор прогноза, и производится поиск векторов по шаблону поиска № 2.

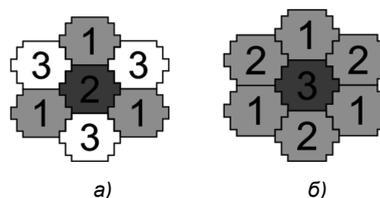


Рис. 7 а) формирование вектора прогноза;  
б) формирование вектора прогноза для блоков 2-го слоя для блоков 3-го слоя

*Третий слой.* Используется шаблон поиска № 3, см. рис. 3. Прогнозный вектор строится на основе медианной фильтрации векторов всех соседних блоков (рис. 7б).

Во время поиска используется RD-оптимизация с применением ОВМС для подавления эффекта блочности изображения. В выходной битовый поток выдаются не сами векторы перемещений, а их отклонения относительно вектора прогноза, см. рис. 2. Для оценки битовых затрат  $R$  на кодирование вектора используется частота  $\nu$  его появления в накопленной при обработке видеопоследовательности статистике, а именно,  $R = -\log_2 \nu$ . Последний шаг компенсации движения включает в себя вычисление разностного изображения. После вычитания предсказанного кадра из оригинального, диапазон разницы значения пикселей становится от -255 до +255. Для приведения разностного изображения к 8-битовому формату значения разностного изображения отображаются из отрезка [-255; +255] в отрезок [0; +255] с помощью следующей функции отображения [15]:

$$Y = \left\lfloor \frac{255}{2} \left( 1 + \sin \left( \frac{\pi}{2} \times \frac{X}{255} \right) \right) \right\rfloor,$$

где  $X \in [-255; 255]$  и  $Y \in [0; 255]$ . Далее итоговое разностное изображение сжимается алгоритмом SPIHT [0].

**Устранение эффекта блочности**

Для шестиугольных блоков была разработана специальная весовая матрица (маска)  $A$ , которая уменьшает видимый блочный эффект после применения процедуры компенсации движения и повышает качество обработки изображений по критерию PSNR. При построении подходящей матрицы шестиугольных блоков выдвигались следующие требования:

- i. матрица симметрична по горизонтальной и вертикальной осям (поэтому достаточно рассматривать только  $\frac{1}{4}$  матрицы, см. рис. 8а);
- ii. все матрицы для любого блока из любого слоя одинаковы;
- iii. матрица превышает размер блока на 2 пикселя с каждой стороны;
- iv. матрица строится на основе 2-х коэффициентов  $a$  и  $b$ , которые принадлежат отрезку [0; 1];
- v. равенство обоих коэффициентов  $a$  и  $b$  нулю означает, что блок не имеет весовой маски;
- vi. сумма весовых элементов матрицы с наложенными на нее элементами матриц соседних блоков дает единицу в каждой позиции элементов;
- vii. значения весов матрицы не должны убывать при перемещении от границ матрицы к ее центру.

Далее, в силу свойства (i), будет рассматриваться только  $\frac{1}{4}$  весовой матрицы  $A$  (левая верхняя четверть), обозначим ее

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & a & a & a \\ 0 & 0 & ab & a & b & b & b \\ 0 & 0 & a & b & 1 & 1 & 1 \\ 0 & ab & b & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & a & b & 1 & 1 & 1 & 1 \\ a & b & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Коэффициенты  $a$  и  $b$  имеют ограничение  $a \leq b$ . В области пересечения рассматриваемой матрицы с ее соседями находятся только три соседних матрицы (рис. 8б, левый верхний квадрант).

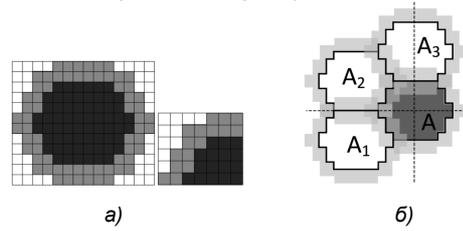


Рис. 8 а) весовая функция для шестиугольного блока; б) пересечение весовых матриц ее левая верхняя четверть

Очевидно, что весовая матрица для каждого соседнего блока (рис. 8б) – это та же самая матрица  $A$ . Зоны матриц  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$  (см. рис. 8б), перекрывающиеся с матрицей  $A$ , выглядят так:

$$A_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a & a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b & b & a & ab & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad A_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & b & a & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & b & a & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & b & a & 0 \\ 1 & 1 & 1 & b & a & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & b & ab & 0 & 0 \\ 1 & 1 & b & a & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \text{ и}$$

$$A_3 = \begin{pmatrix} 0 & ab & b & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & a & b & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & ab & a & b & b & b \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a & a & a \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Обозначим за  $S$  матрицу суммы матриц  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  и  $A$ :

$$S = A + A_1 + A_2 + A_3 = \begin{pmatrix} 1 & 1+ab & 1+b & 1+b & 1+2a & 1+a & 1+a \\ 1 & 1 & 1+ab+a & 1+a+b & 1+2b & 1+a+b & 1+b \\ 1 & 1 & 1+ab+a & 1+a+b & 1+2b & 1+a+b & 1+b \\ 1 & 1+ab & 1+b & 1+b & 1+2a & 1+a & 1+a \\ 1+a & 1+2a & 1+b & 1+b & 1+ab & 1 & 1 \\ 1+a+b & 1+2b & 1+a+b & 1+ab+a & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Все элементы матрицы  $S$  больше либо равны 1, но по свойству (vi) они должны быть строго равны 1. Деление каждого элемента  $a_{ij}$  матрицы  $A$  на соответствующие элементы  $s_{ij}$  матрицы  $S$  приводит к итоговой матрице  $A^*$ :

$$A^* = \left( \frac{a_{ij}}{s_{ij}} \right) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{a}{1+2a} & \frac{a}{1+a} & \frac{a}{1+a} \\ 0 & 0 & \frac{ab}{1+ab+a} & \frac{a}{1+a+b} & \frac{b}{1+2b} & \frac{b}{1+a+b} & \frac{b}{1+b} \\ 0 & 0 & \frac{a}{1+ab+b} & \frac{b}{1+a+b} & \frac{1}{1+2b} & \frac{1}{1+a+b} & \frac{1}{1+b} \\ 0 & \frac{ab}{1+ab} & \frac{b}{1+b} & \frac{1}{1+b} & \frac{1}{1+2a} & \frac{1}{1+a} & \frac{1}{1+a} \\ 0 & \frac{1}{1+2a} & \frac{b}{1+b} & \frac{1}{1+b} & \frac{1}{1+ab} & 1 & 1 \\ a & \frac{b}{1+a+b} & \frac{1}{1+2b} & \frac{1}{1+ab+a} & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$



Для поиска оптимальной весовой матрицы  $A^*$  задавались различные коэффициенты  $a$  и  $b$ . Если матрица не удовлетворяла свойству (vii), то она отбрасывалась; иначе проводилось кодирование тестовых видеопоследовательностей для получения характеристик PSNR. Матрица, для которой характеристики оказывались наилучшими, считалась оптимальной.

На рис. 9 приведена найденная оптимальная весовая матрица  $A^*$ , для которой в экспериментах достигается наилучшее качество видео. Проведенные эксперименты показали, что оптимальная матрица определяется значениями коэффициентов  $a = 0,36$  и  $b = 0,73$ .

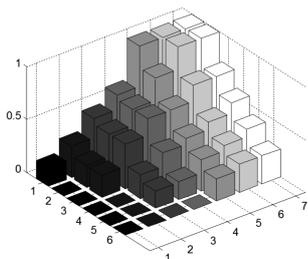


Рис. 9. Найденная оптимальная весовая матрица

### Экспериментальные результаты

Сравнение разработанного видеокodeка, основанного на шестиугольных блоках, и видеокodeка, основанного на квадратных блоках [1], проводилось на одинаковых видеопоследовательностях и при следующих условиях:

I. коэффициент Лагранжа в (1) был выбран равным 100;

II. для обоих codeков использовались одинаковые шаблоны поисков для слоев из [1] (см. рис. 3);

III. оптимальные весовые матрицы для шестиугольной и квадратной формы блоков были найдены варьированием 2-х коэффициентов – параметров  $a, b$ ;

IV. в обоих случаях для кодирования векторов перемещений использовался один и тот же арифметический кодер с тремя статистическими моделями, с отдельной моделью для каждого слоя;

V. I-кадры кодировались одинаковым способом, с тем же битовым бюджетом и кадровым PSNR.

Для оценки видеокodeков сравнивались значения PSNR при одинаковом количестве битов на пиксель (bits per pixel, bpp):

$$R = \frac{B}{MN} \cdot (\text{bpp}),$$

где  $B$  – это количество битов для кодирования сжатого кадра,  $M$  и  $N$  – разрешение кадра в пикселях.

Битовые затраты  $R$  на кодирование сжатого кадра можно представить следующим образом:

$$R = V + S,$$

где  $V$  – количество битов на пиксель, потраченное при кодировании векторов перемещений,  $S$  – количество битов на пиксель для сжатия разностного изображения. Векторы перемещений сжимаются без потерь. Поэтому количество битов на пиксель, выделяемое для сжатия разностного изображения:

$$S = R - V.$$

Для полноты анализа результатов эксперимента мы приведем также значение битовых затрат на кодирование векторов перемещений  $V$ . Стандартная видео последовательность «Mobile», с разрешением 352x288, была обработана видеокodeком с шестиугольной формой блоков и видеокodeком с традиционной квадратной формой блоков.

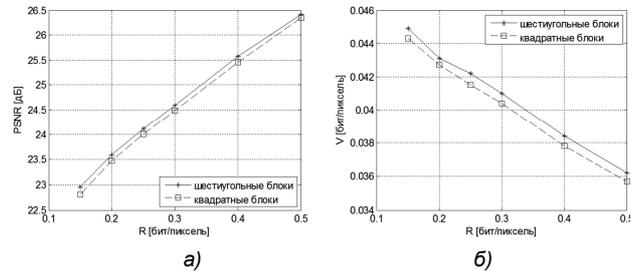


Рис. 10 а) PSNR, видеопоследовательность Mobile;  
б) битовые затраты векторов перемещений, видеопоследовательность Mobile

Рис. 10а иллюстрирует изменение качества (в терминах PSNR) восстановленного видеоряда в зависимости от битовых затрат. Рис. 10б показывает, что битовые затраты кодирования векторов перемещений для шестиугольных блоков выше, чем для квадратных. Это означает, что оставшееся количество битов, которое используется для сжатия разностного изображения, для шестиугольной формы блоков меньше, чем для квадратной. Однако, итоговый график на рис. 10а говорит о лучшем качестве восстановленного видео именно при использовании шестиугольных блоков.

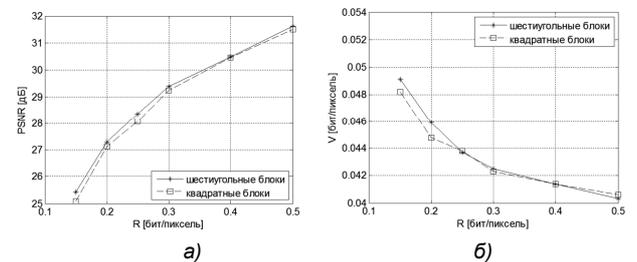


Рис. 11 а) PSNR, видеопоследовательность;  
б) битовые затраты векторов перемещений, видеопоследовательность Tennis

Аналогичную ситуацию можно наблюдать на рис. 11а и 11б, на которых представлены результаты обработки видео последовательности «Tennis» разрешением 352x244.

В некоторых случаях (видео последовательность «Flower Garden» с разрешением 352x288) разработанный видеокodeк показывает примерно одинаковые PSNR по сравнению с традиционным видеокodeком, однако визуальное качество при использовании шестиугольных блоков более высокое. Битовые затраты векторов перемещений шестиугольных блоков в таких случаях все равно остаются выше.

На рис. 12 представлены восстановленные кадры после кодирования видеокodeком с квадратными блоками и разработанным видеокodeком на основе шестиугольной формы блоков, а также оригинальный кадр (81-й кадр из широко распространенной тестовой последовательности Tennis).



а)



б)



в)

Рис. 12 а) оригинальный кадр последовательности Tennis;  
 б) пример восстановленного;  
 в) пример восстановленного квадратными блоками кадра ( $R=0,15$  bpp) шестиугольными блоками кадра ( $R=0,15$  bpp)

Ценой за полученные улучшения является снижение производительности кодека. Процесс оценки движения на основе шестиугольных блоков примерно в 1,3 раза медленнее, чем аналогичный процесс для квадратных блоков. Первая причина заключается в том, что количество шестиугольных блоков в кадре больше на 3-5%, по сравнению с количеством квадратных блоков на кадре такого же разрешения. Вторая причина – распределение количества шестиугольных блоков на кадре по слоям составляет соотношение 1:1:1, в то время как соотношение количества квадратных блоков по слоям составляет 1:1:2. Поэтому шестиугольные блоки дольше обрабатываются на первом и втором слоях, из-за

больших размеров шаблонов поиска на этих слоях.

### Заключение

В настоящей работе был предложен алгоритм компенсации движения на основе шестиугольной формы блоков. Для поиска векторов перемещений применялась трехслойная схема кодирования с различными шаблонами поиска из [1]. Результатом проведенных исследований является экспериментально подтвержденное улучшение визуального качества восстановленного видеоряда. Значение PSNR после перехода к шестиугольным блокам при фиксированных битовых затратах повысилось в среднем на 0.15 дБ. Следует отметить, что использование формы блоков близкой к шестиугольной дает хорошие результаты не только в алгоритмах компенсации движения [14].

Недостатками предложенной схемы, использующей шестиугольные блоки для оценки и компенсации движения, является падение производительности на этапе компенсации движения, в худшем случае на 20-30%.

Возможным направлением дальнейшей работы в развитии предложенной методики компенсации движения на основе шестиугольных блоков является применение субпиксельной компенсации движения [15], адаптации шестиугольной решетки, предложенной в [16], оптимизация шаблонов поиска для слоев с целью увеличения производительности.

### Литература

1. Александров А.А., Коплович Е.А., Умняшкин С.В. Алгоритм видеокомпрессии на основе дискретного вейвлет-преобразования с трехслойной схемой кодирования векторов движения // Известия вузов. Электроника. – №5. – 2008. – С. 69-73.
2. Said, A. & Pearlman, W. A., «A New, fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees,» IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 6, pp. 243–250, June 1996.
3. Witten, I.H., Neal, R.M., Cleary, J.G., Arithmetic coding for data compression // Communications of the ACM, vol.30, no.6, pp. 520-540, June 1987.
4. «Draft ITU-T recommendation and final draft international standard of joint video specification (ITU-T Rec. H.264/ISO/IEC 14 496-10 AVC», in Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, JVTG050, 2003.
5. Hashimaa, S.M., Mahmoud, I.I. & Elazm, A.A., «Experimental comparison among Fast Block Matching Algorithms (FBMAs) for motion estimation and object tracking», National Radio Science Conference (NRSC), 2011 28th , vol., no., pp.1-8, 26-28 April 2011.
6. Lei, J., Zhang J., Liu, J.& Cao, X., «An improved motion estimated three-step search algorithm based on H264», Computer technology and development, 2010, 12(20):5-7
7. Zhu, M.K.K., «A new diamond search algorithm for fast block matching motion estimation», IEEE Trans. Image Processing vol.9(2) 287-290 2000(2).
8. Song, B.C., Shin-Cheol, J. & Yanglim, C., «High-resolution image scalar using hierarchical motion estimation and overlapped block motion compensation», Consumer

Electronics, IEEE Transactions on , vol.56, no.3, pp.1579-1585, Aug. 2010

9. En-Hui Yang & Xiang Yu, «Rate Distortion Optimization for H.264 Interframe Coding: A General Framework and Algorithms», Image Processing, IEEE Transactions on, vol.16, no.7, pp.1774-1784, July 2007

10. Marcelino, S., Faria, S., Assuncao, P., Moiron, S. & Ghanbari, M., «Efficient MV prediction for zonal search in video transcoding», Multimedia Signal Processing (MMSP), 2010 IEEE International Workshop on, vol., no., pp.228-232, 4-6 Oct. 2010

11. Cagnazzo, M., Castaldo, F., Andre, T., Antonini, M. & Barlaud, M., «Optimal Motion Estimation for Wavelet Motion Compensated Video Coding», Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on , vol.17, no.7, pp.907-911, July 2007

12. Ben Fradj, B. & Zaid, A.O., «Scalable video coding using motion-compensated temporal filtering», Visual Information Processing (EUVIP), 2011 3rd European Workshop on, vol., no., pp.50-55, 4-6 July 2011

13. Suliman, A. & Li, R., «Motion compensation in redundant wavelet domain», Southeastcon, 2011 Proceedings of IEEE, vol., no., pp.390-394, 17-20 March 2011

14. Al-Asmari & Awad, Kh., «Video compression using a semi-hexagonal shaped absolute moment block truncation

coding». Proceedings of 5th world Multiconference on systems, cybernetics, and informatics (SCI 2001) held in Orlando, Florida, U. S. A. July 22-25, 2001

15. Умняшкин С.В., Табориский А.Е. Метод обработки Р-кадров для видеокодека на основе дискретного вейвлет-преобразования. ЦОС, №3 – 2011.

16. He, X. & Jia, W., «Hexagonal structure for intelligent vision» Proc. 1st Int. Conf. Inf. Commun. Tech., 2005, pp. 52–64.

## THE USE OF HEXAGONAL BLOCKS FOR MOTION COMPENSATION IN VIDEO COMPRESSION

*Umnyashkin S., Sharonov I.*

This paper investigates the motion compensation algorithm based on hexagonal form of blocks in application of video compression. The algorithm SPIHT based on discrete wavelet transform (DWT) has been used for the residual image compression obtained after the motion compensation procedure. The experiments showed that the usage of hexagonal form of blocks for the motion compensation has an average improvement of 0.15 dBs in terms of PSNR of the processed video sequence.

### *Уважаемые коллеги!*

**Приглашаем Вас принять участие в формировании тематических выпусков журнала «Цифровая обработка сигналов» и размещению рекламы продукции (услуг) Вашей организации на его страницах. В случае положительного решения просим представить в редакцию журнала Ваши предложения по плановому размещению информационных материалов и макет рекламы продукции (услуг) с указанием желаемого её месторасположения: обложка (2-я, 3-я или 4-я стр.), цветная внутренняя полоса (объем полосы).**

Журнал «Цифровая обработка сигналов» издается с 1999 года. Выходит ежеквартально, тиражом – 700 экз. Распространяется по подписке через агентство «Роспечать» в России, СНГ и странах Балтии (индекс 82185), а также на Конференции и Выставке «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA'» (г. Москва). Более подробную информацию о журнале можно найти на сайте: [www.dsps.ru](http://www.dsps.ru).

Научно-технический журнал «Цифровая обработка сигналов» включен в Список изданий, рекомендуемый ВАК РФ для публикации результатов научных исследований соискателями ученой степени доктора и кандидата технических наук в области радиотехники, связи, вычислительной техники, электроники, информационно-измерительных и управляющих систем.

#### **Планируемые сроки издания отдельных номеров журнала:**

№ 4 – декабрь 2012 г. Тематический выпуск: «ЦОС в радиотехнике и системах телекоммуникаций».

№ 1 – март 2013 г. Тематический выпуск: «Теория и методы цифровой обработки сигналов».

№ 2 – июнь 2013 г. Специальный выпуск: «По материалам 15-й международной научно-технической конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение–DSPA'2013»».

№ 3 – сентябрь 2013 г. Тематический выпуск: «Цифровая обработка изображений».

#### **Ориентировочная стоимость рекламных услуг:**

4-я (внешняя) страница цветной обложки – 25 тысяч рублей.

2-я и 3-я (внутренние) страницы цветной обложки – 15 тысяч рублей.

1/2 цветной внутренней полосы – 8 тысяч рублей.

Ждем Ваших предложений. С наилучшими пожеланиями, зам. главного редактора  
д.т.н., профессор Витязев Владимир Викторович, телефон 8-903-834-81-81.

**Предложения прошу направлять по адресу: E-mail: [vityazev.v.v@rsreu.ru](mailto:vityazev.v.v@rsreu.ru) или [info@dsps.ru](mailto:info@dsps.ru)**