

---

УДК 629.391

*В.В. БАРАННИК, О.Ю. ОТМАН ШАДИ, А.В. ХАХАНОВА*

## **МЕТОД РЕКОНСТРУКЦИИ ТРАНСФОРМАНТ В ДИАГОНАЛЬНО-НЕРАВНОМЕРНОМ БАЗИСЕ ОСНОВАНИЙ НА ОСНОВЕ ДЕКОДИРОВАНИЯ НЕРАВНОМЕРНЫХ КОДОГРАММ**

---

Формулируются требования относительно реконструкции базовых кадров в условиях обеспечения заданного уровня коррекционных преобразований для контролируемости искажений при реконструкции кадров Р- и В-типа. Проводится разработка метода реконструкции базовых кадров на основе диагонально-неравномерного позиционного декодирования трансформант дискретного косинусного преобразования. Основными технологическими этапами являются: декомпозиция неравномерных кодовых конструкций компрессионного представления диагоналей трансформанты; диагонально-неравномерное позиционное декодирование для переменного количества элементов диагоналей трансформанты. Излагается создание технологии реконструкции кодограмм, содержащих кодовые значения диагональных неравномерных чисел. Технология базируется на таких этапах: декомпозиция служебной и информационной частей кодовой конструкции сжатого представления фрагмента базового кадра с последующей их разметкой на кодовые конструкции отдельных диагоналей; декомпозиция информационной части кодовой конструкции путем разметки фиксированного числа кодограмм компактного представления диагоналей трансформанты.

### **1. Введение**

Повышение качества и расширение видеoinформационных сервисов приводит к росту интенсивности видеопотока [1; 2], следствием чего является увеличение нагрузки на телекоммуникационные системы. Это диктует необходимость уменьшения интенсивности потока кадров в процессе их компрессии [3 - 5]. Здесь ключевая составляющая интенсивности потока определяется интенсивностью кодового представления базового кадра. Это обусловлено тем, что базовый кадр является опорным по формированию кадров Р- и В-типа [4 - 6]. Поэтому качество базового кадра в значительной степени влияет на качество визуального восприятия всего видеопотока. В связи с этим *актуальная задача научно-прикладных исследований* заключается в обеспечении реконструкции базового кадра с заданным уровнем достоверности.

Для обработки базового кадра используется принципиально новый метод снижения интенсивности его кодового описания. Метод базируется на диагонально-неравномерном позиционном кодировании трансформант в неравновесном базисе оснований. В то же время для такого метода отсутствует соответствующий метод восстановления. Отсюда **цель исследования** состоит в разработке метода реконструкции базового кадра видеопотока на основе неравномерно-диагонального декодирования.

## 2. Разработка метода реконструкции базового кадра видеопотока

В процессе разжатия базовых кадров необходимо учитывать требования относительно их формирования с заданным уровнем коррекционных преобразований. Это обеспечивает контролируемость искажений при реконструкции кадров Р- и В-типа. Для этого метод восстановления базовых кадров должен обладать следующими возможностями учитывать технологические особенности процесса снижения интенсивности битового потока по базовому кадру, а именно [5]:

1) трансформирование фрагментов изображений на основе двумерного дискретного косинусного преобразования;

2) определение кодовых значений для диагоналей трансформант в неравномерном неравновесном позиционном базисе;

3) построение кодограмм неравномерной длины, содержащих значение кода диагонально-неравномерных позиционных чисел.

В связи с этим предлагается организовывать процесс восстановления базовых кадров на основе:

а) беспогрешностного восстановления массивов служебных данных: базиса  $D'$  оснований ДНП чисел и матриц  $Z$  знаков;

б) декомпозиции неравномерных кодовых конструкций компрессионного представления диагоналей трансформанты;

в) выполнения взаимобратных преобразований на основе известной служебной информации, включающих в себя:

- статистическое декодирование низкочастотной ДС-компоненты;

- диагонально-неравномерное позиционное декодирование для переменного количества элементов диагоналей трансформанты;

- обратное двумерное дискретное косинусное преобразование с коррекцией компонент трансформант размерностью  $n \times n$ .

Рассмотрим особенности этапов.

Восстановление служебных данных. В соответствии с особенностями процесса обработки базовых кадров служебными данными являются:

1) базис  $D'$  оснований, который задает неравновесное диагонально-неравномерное позиционное пространство трансформанты. Информация о значениях оснований  $d'_\xi$  диагоналей трансформант используется на таких этапах процесса восстановления:

- разметка кодового потока базового кадра на кодовые конструкции трансформант с последующей их разметкой на кодовые конструкции отдельных диагоналей (рисунок);

- формирование неравномерных диагоналей трансформант на основе диагонально-неравномерного позиционного декодирования;

2) матрицы  $Z$  знаков компонент трансформанты ДКП. Данная информация необходима для определения знака компоненты трансформанты, т.е. получения такого представления трансформант  $Y'$ , для которого выполняется обратное ДКП. Матрицы знаков входят в состав компактного представления в виде кодограмм, сформированных для одномерных структурных чисел.

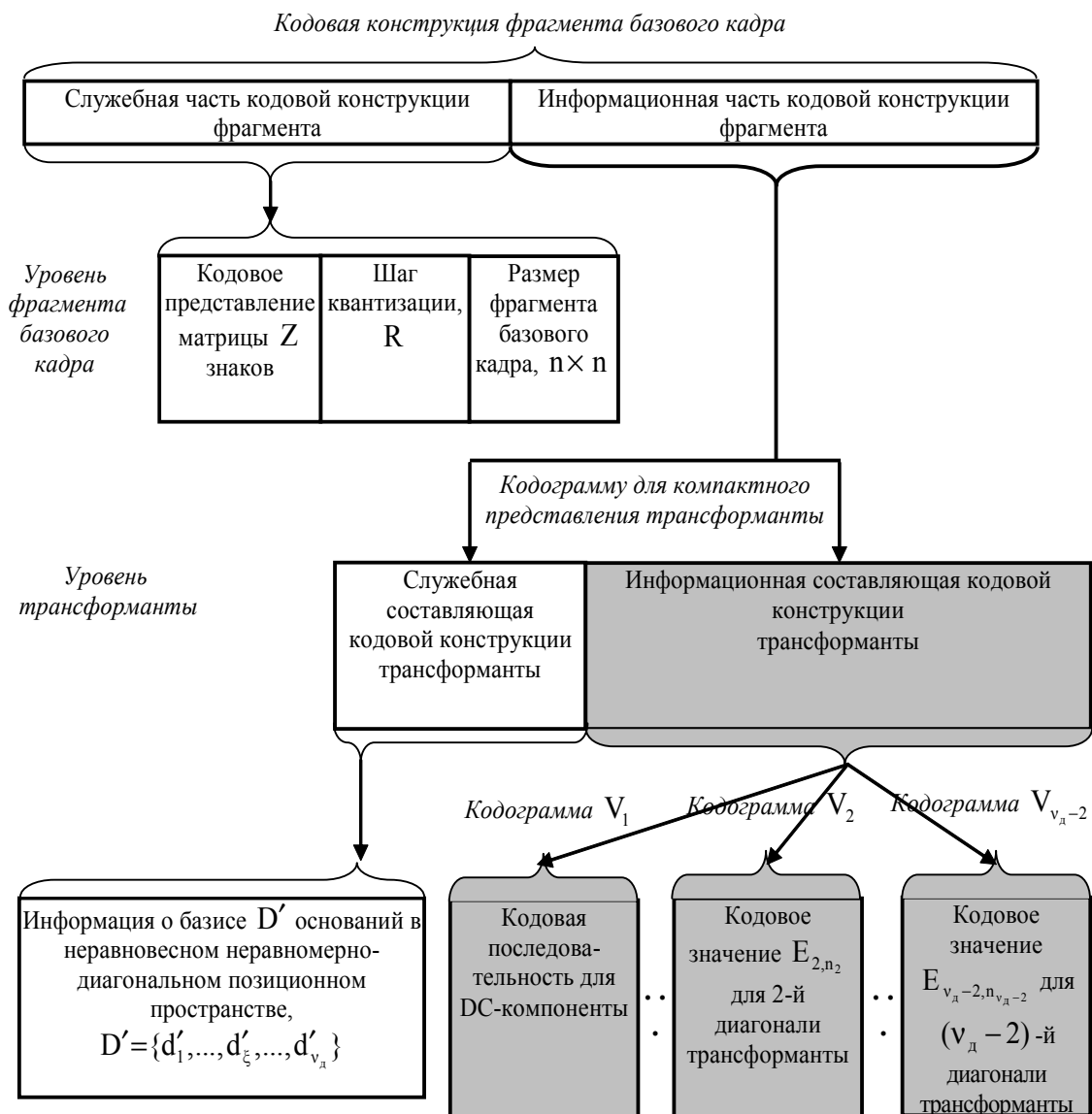
Реконструкция кодограмм, содержащих кодовые значения ДНП чисел (см. рисунок). Для этого требуется выполнить такие этапы:

1) вначале провести декомпозицию служебной и информационной частей кодовой конструкции сжатого представления текущего фрагмента базового кадра;

2) после этого провести декомпозицию информационной части кодовой конструкции путем разметки фиксированного числа кодограмм компактного представления диагоналей трансформанты.

Реализация первого этапа заключается в определении длины служебной части кодовой конструкции фрагмента базового кадра. Здесь учитываются такие особенности построения кодовых слов служебной части (см. рисунок):

- количество разрядов на представление информации о линейном размере  $n$  фрагмента базового кадра;
- кодовое представление для матрицы знаков формируется как для двоичной последовательности фиксированной длины. Это позволяет установить длину кодового слова матрицы знаков;
- количество разрядов на представление значения шага квантизации  $R$  является постоянной величиной.



Структурно-функциональная схема процесса восстановления фрагмента базового кадра

Выделение количества разрядов на представление служебной части позволяет установить начальную позицию информационной части кодовой конструкции фрагмента базового кадра.

Информационная часть кодовой конструкции фрагмента базового кадра представляет собой кодограмму для компактного представления трансформанты. Такая кодограмма содержит служебную и информационную части. Поэтому процесс декомпозиции информационной части подразумевает разметку соответствующей части кодовой конструкции на служебную и информационные составляющие (см. рисунок).

Служебная часть кодограммы формируется на базе кодовых полей, содержащих информацию о базисе  $D'$  оснований в неравновесном неравномерно-диагональном позиционном пространстве (см. рисунок). Количество оснований постоянно и зависит от размера трансформанты следующим образом:  $v_d - 2 = 2n - 3$ . Это позволяет формировать на их представление кодовые слова равномерной длины.

Информационная часть кодовой конструкции трансформанты включает в себя следующие составляющие:

1) кодовое слово  $V_1$  на сжатое представление DC-компоненты. Его длина определяется на базе использования статических таблиц, которые известны как на передающей, так и на приемной сторонах;

2) неравномерные по длине кодограммы  $V_\xi$ , несущие информацию о кодовых значениях  $\overline{E}'_{\xi, n_\xi}$  диагонально-неравномерных позиционных чисел. Количество  $v_k$  таких кодограмм фиксировано и определяется как  $v_k = v_d - 2 = 2n - 3$ .

Рассмотрим процесс выделения кодограмм ДНП чисел. Данный процесс реализуется на основе информации о базисе оснований с использованием следующих этапов:

а) вычисление накопленного произведения  $d_\xi^{n_\xi}$  оснований для текущей  $\xi$ -й диагонали трансформанты. Количество  $n_\xi$  элементов в диагонали определяется на основе соотношения

$$n_\xi = \begin{cases} \xi, & \rightarrow \xi \leq n; \\ n_\xi = 2n - \xi, & \rightarrow \xi \geq n+1; \end{cases} \quad (1)$$

б) нахождение количества  $\overline{Q}'_{\xi, n_\xi}$  разрядов на представление кодового значения  $\overline{E}'_{\xi, n_\xi}$  для  $\xi$ -го ДНП числа, т.е. для  $\xi$ -й диагонали трансформанты. Для этого используется соотношение:

$$\overline{Q}'_{\xi, n_\xi} = [\ell \log_2 (d_\xi^{n_\xi} - 1)] + 1 \text{ (бит)}.$$

Данное выражение позволяет определить количество  $\overline{Q}'_{\xi, n_\xi}$  разрядов на представление кодограмм для всех диагоналей трансформанты, где  $\xi = \overline{1, v_d - 2} = \overline{1, 2n - 3}$ .

После этого организуется переход на третий этап процесса реконструкции базового кадра, связанного с декодированием кодовых значений  $\overline{E}'_{\xi, n_\xi}$ . Для этого вначале по известному порядковому номеру  $\xi$  диагонали трансформанты определяется количество  $n_\xi$  содержащихся в ней элементов. Здесь используется соотношение (1). Далее на втором этапе организуется восстановление значений элементов диагоналей, начиная с ее начальных элементов. Данный этап организуется с использованием выделенного в кодограмме  $V_\xi$  кодового значения  $\overline{E}'_{\xi, n_\xi}$  на основе соотношения для получения элементов диагонально-неравномерных позиционных чисел, а именно:

1) для случая, когда для номера диагонали выполняется условие  $\xi \leq n$ , то  $n_\xi = \xi$  и:

$$y_{1+\tau, \xi-\tau} = \left[ \frac{\overline{E}'_{\xi, \xi}}{d_\xi'^{\xi-\tau-1}} \right] - \left[ \frac{\overline{E}'_{\xi, \xi}}{d_\xi' \cdot d_\xi'^{\xi-\tau-1}} \right] d_\xi', \quad \tau = \overline{0, \xi-1}, \quad \xi \leq n;$$

2) для случая, когда для номера диагонали выполняется неравенство  $\xi \geq n+1$ , то  $n_\xi = 2n - \xi$ . Тогда значение кода  $\overline{E}'_{\xi, 2n-\xi}$  определяется как:

$$y_{\xi-n+1+\tau, n-\tau} = \left[ \frac{\overline{E}'_{\xi, 2n-\xi}}{d_\xi'^{2n-\xi-\tau}} \right] - \left[ \frac{\overline{E}'_{\xi, 2n-\xi}}{d_\xi' \cdot d_\xi'^{2n-\xi-\tau}} \right] d_\xi', \quad \tau = \overline{0, 2n-\xi}, \quad \xi \geq n+1.$$

В обобщенной записи данные соотношения будут иметь следующий вид:

$$y_{1+\tau+\eta(\xi-n), \xi-\tau-\eta(\xi-n)} = \begin{cases} \left[ \frac{\overline{E}'_{\xi, \xi}}{d_\xi'^{\xi-\tau-1}} \right] - \left[ \frac{\overline{E}'_{\xi, \xi}}{d_\xi' \cdot d_\xi'^{\xi-\tau-1}} \right] d_\xi', & \rightarrow \eta=0 \ \& \ \xi \leq n; \\ \left[ \frac{\overline{E}'_{\xi, 2n-\xi}}{d_\xi'^{2n-\xi-\tau}} \right] - \left[ \frac{\overline{E}'_{\xi, 2n-\xi}}{d_\xi' \cdot d_\xi'^{2n-\xi-\tau}} \right] d_\xi', & \rightarrow \eta=1 \ \& \ \xi \geq n+1, \end{cases}$$

Если требуется использовать упрощенную схему алгоритмического процесса декодирования кодов ДНП чисел, то используется следующая формула:

$$y_{1+\tau+\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1)), \xi-\tau-\alpha \text{sign}(1+\text{sign}(\alpha-1))} = \left[ \frac{\overline{E}'_{\xi, n_\xi}}{d_\xi'^{2n-\xi-\tau}} \right] - \left[ \frac{\overline{E}'_{\xi, n_\xi}}{d_\xi' \cdot d_\xi'^{2n-\xi-\tau}} \right] d_\xi';$$

$$\text{sign}(\alpha-1) = \begin{cases} 1, & \rightarrow \alpha > 1; \\ 0, & \rightarrow \alpha = 1; \\ -1, & \rightarrow \alpha \leq 0, \end{cases}$$

где  $n$  – линейный размер трансформанты;  $n_\xi$  – длина для  $\xi$ -й диагонали трансформанты;  $d_\xi'^{n_\xi-\tau-1}$  – весовой коэффициент для  $\tau$ -го элемента  $\xi$ -го ДНП числа.

Данный этап заканчивается после декодирования кодового значения  $\overline{E}'_{v_d-2, n_{v_d-2}}$ .

Последующие этапы процесса восстановления фрагмента базового кадра состоят в обратном трансформировании и воспроизведении фрагментов для исходной цветовой модели представления.

### 3. Выводы

1. Сформулированы требования относительно реконструкции базовых кадров в условиях обеспечения заданного уровня коррекционных преобразований для контролируемости искажений при реконструкции кадров Р- и В-типов.

2. Разработан метод реконструкции базовых кадров на основе диагонально-неравномерного позиционного декодирования трансформант дискретного косинусного преобразования. Отличительными технологическими этапами являются:

1) декомпозиция неравномерных кодовых конструкций компрессионного представления диагоналей трансформанты;

2) диагонально-неравномерное позиционное декодирование для переменного количества элементов диагоналей трансформанты; обратное двумерное дискретное косинусное преобразование с коррекцией компонент трансформант.

3. Создана технология реконструкции кодограмм, содержащих кодовые значения ДНП чисел. Для этого выполняются такие этапы:

1) декомпозиция служебной и информационной частей кодовой конструкции сжатого представления текущего фрагмента базового кадра с последующей их разметкой на кодовые конструкции отдельных диагоналей;

2) декомпозиция информационной части кодовой конструкции путем разметки фиксированного числа кодограмм компактного представления диагоналей трансформанты.

Научная новизна результатов исследований.

1. Впервые создана технология реконструкции кодограмм, содержащих кодовые значения ДНП чисел на основе декомпозиции служебной и информационной частей кодовой конструкции сжатого представления текущего фрагмента базового кадра. В отличие от других технологий проводится разметка кодового потока базового кадра на кодовые конструкции трансформант с последующей их разметкой на кодовые конструкции отдельных диагоналей с использованием информации о значениях оснований и фиксированного количества кодограмм. Это позволяет без потерь информации установить кодограммы по назначению содержащейся в них информации.

2. Впервые построена обобщенная технология прямого и обратного кодовых преобразований диагоналей без учета априорной информации о ее длине и порядковом номере в трансформанте. В отличие от существующих подходов учитывается симметрия структурных свойств трансформанты относительно наибольшей диагонали, и формирование для нее диагонально-неравномерных позиционных чисел. Это позволяет упростить алгоритмические реализации процессов кодирования и декодирования.

**Список литературы:** 1. *Олифер В.Г.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. СПб.: Питер, 2006. 958 с. 2. *Gonzales R. C.* Digital image processing / R.C. Gonzales, R.E. Woods. - Prentice Inc. Upper Saddle River, New Jersey 2002. 779 p. 3. *Lee S.Y.* Temporally coherent video matting / S.Y. Lee, J.C. Yoon, I.K. Lee // Graphical Models 72. 2010. P. 25 – 33. 4. *Красильников Н.Н.* Цифровая обработка изображений. М.: Вузовская книга, 2011. 320 с. 5. *Баранник В.В.* Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. Х.: ХУПС, 2010. 234 с. 6. *Barannik V.* Method Of Encoding Transformant Uolsha Is In Systems Air Monitoring Of Earth / V. Barannik, A. Yakovenko, A. Krasnorutkiy // Lviv-Slavsko, Ukraine, Lviv Polytechnic National University, International Conference TCSET'2009, Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science, February 19 – 23, 2009. P. 381-383.

*Поступила в редколлегию 16.03.2014*

**Баранник Владимир Викторович**, д-р техн. наук, профессор, начальник кафедры боевого применения и эксплуатации АСУ Харьковского университета Воздушных Сил. Научные интересы: обработка и передача информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79.

**Отман Шади О.Ю.**, аспирант кафедры Сети Связи ХНУРЭ. Научные интересы: обработка и передача информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, пр. Ленина, 14.

**Хаханова Анна Владимировна**, канд. техн. наук, доц. кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: сжатие и восстановление двоичных данных. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-326. E-mail: anna\_hahan@mail.ru