

**РАДИОТЕХНИКА, РАДИОСВЯЗЬ И ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЕ**  
**RADIOTECHNICS, RADIOCOMMUNICATION AND BROADCASTING**

УДК 004.056.53

**АНАЛИЗ ИСКАЖЕНИЙ ТВ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ИХ ЦИФРОВОМ  
КОДИРОВАНИИ И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ***Давлетова Х.Р.*

Mazkur maqolada sonli kodlashdagi televizion tasvirning yo'qolishi tahlil qilingan va uni baholash usullari ko'rib chiqilgan. TV dasturlarning kerakli sifatini ta'minlab berish uchun traktning dastur manbasidan namoyish etishgacha bo'lgan hamma nuqtalarida nazorat va hisoblash olib boriladi. Shu maqsadda har xil tekislab beruvchi filtrlar ishlatiladi va eng yaxshi natijalarni adaptiv debloking filtrlari ta'minlab beradi. Ular filtrlarning parametrlarini to'g'ri tanlashda ham subyektiv ham obyektiv sifatini ko'tarib berish imkoniga ega ekanligi ko'rib chiqilgan.

**Tayanch iboralar:** makroblok, kadr, koder, buzilishlar, Bloking-effekti, Mozaik-effekti, qadam, yorilish.

В данной статье сделан анализ искажений ТВ изображений при их цифровом кодировании и рассмотрены методы их оценки. Для обеспечения заданного качества доставки ТВ программ предусматриваются контроль и измерения во всех звеньях тракта от источника программ до устройств воспроизведения. Стандартизация методов оценки технического качества программ вещания позволяет сравнивать результаты и сопоставлять их с данными, полученными в разных пунктах контроля и измерений. Качество изображения в системах цифрового ТВ вещания снижают искажения, идентичные искажения в аналоговых системах, и специфические искажения, обусловленные процессом кодирования/декодирования видеосигнала и цифровыми ошибками в канале передачи. Алгоритмы сжатия объема видеоданных, используемые в цифровых системах ТВ вещания, основываются на кодировании изображения с внутри и межкадровым предсказанием отдельных его фрагментов. Процесс кодирования/декодирования изображения является нелинейным в пространстве и во времени, поскольку качество воспроизведения того или иного видеофрагмента на приеме зависит от потерь полезной информации, которые зависят от структуры видеосюжета и носят случайный характер. Особенно это становится заметным при кодировании с постоянным битрейтом, где изображения с малым количеством избыточной информации «дожимаются» за счет ухудшения их визуального качества. Поэтому требуются новые подходы к оценке качественных показателей изображений в системах цифрового ТВ вещания. Подавление дрожания осуществляется

смещением каждого кадра на разницу между сглаженным сдвигом и сдвигом в исходном видео. В цифровом телевидении значительное снижение качества декодированных изображений может быть вызвано блочными искажениями изображений. Данный тип искажений возникает из-за большой величины компрессии видеоданных на основе ДКП. Поэтому в стандартах H. 264 и ему подобным применяют специальную деблокинговую обработку изображений, снижающую заметность блочного эффекта. Для этой цели применяют различные сглаживающие фильтры. При этом, лучшие результаты обеспечивают адаптивные деблокинговые фильтры, которые при правильном выборе параметров фильтра, могут повысить как субъективное, так и объективное качество изображений.

**Ключевые слова:** макроблок, кадр, кодер, искажения, Блокинг-эффект, Мозаичный эффект, ступенька, ререкции.

This article analyzes the distortions of TV images when they are digitally coded and discusses the methods for their evaluation. To ensure a given quality of TV program delivery, monitoring and measurements are provided in all links of the path from the program source to the playback devices. Standardization of methods for evaluating the technical quality of broadcast programs allows you to compare the results and compare them with the data obtained at different points of control and measurement. The image quality in digital TV broadcasting systems reduces distortions, identical distortions in analog systems, and specific distortions caused by the video encoding/decoding process and digital errors in the transmission channel. The algorithms for compressing the amount of video data used in digital TV broadcasting systems are based on image coding with intra and inter-frame prediction of its individual fragments. The process of image coding / decoding is nonlinear in space and time, because the quality of the playback of a video fragment at the reception depends on the loss of useful information, which depends on the structure of the video and is random. This is especially noticeable in encoding with a constant bit rate, where images with a small amount of redundant information are "squeezed" by deteriorating their visual quality. Therefore, new approaches are needed to assess the quality of images in digital TV broadcasting systems. Suppression of jitter is performed by shifting each frame by the difference between the smoothed offset and the shift in the original video. In digital television, a significant reduction in the quality of decoded images can be caused by block distortion of images. This type of distortion arises because of the large amount of compression of video data based on DCT. Therefore, in the H.264 and similar standards, special deblocking processing of images is applied, which reduces the noticeability of the block effect. For this purpose, various smoothing filters are used. At the same time, the best results are provided by adaptive deblocking filters, which, if properly selected, can improve both the subjective and objective quality of the images.

This article analyzes the distortions of TV images by they digitally coded and discusses the methods for their evaluation.

**Keywords:** macroblock, frame, coder, distortions, Blocking Effect, Mosaic Pattern, step, rupture.

## I. ВВЕДЕНИЕ

При цифровой обработке телевизионных изображений возникает ряд специфических искажений, которые связаны с потерей части полезной информации при кодировании для передачи их по каналам связи. К таким искажениям в первую очередь, относится искажение блочного эффекта, а также потеря четкости, резкости и числа передаваемых полутонов и оттенков цвета, что приводит к заметному ухудшению их визуального качества.

В телевидении основная оценка качества изображений производится зрителями визуально. Однако, в силу субъективности нашего восприятия метод субъективной оценки не дает количественной оценки сравнения, как параметров кодирования одного кодека, так оценки алгоритмов кодирования различных кодеков. Поэтому на практике часто применяются методы объективной оценки качества изображений основанные на вычислении различных метрик [1]. При этом, несмотря на довольно большое разнообразие разработанных метрик, ни одна из них не соответствует оценке нашего зрительного восприятия. Но тем не менее они позволяют количественно оценить вносимые искажения при кодировании видеоданных. Поэтому более объективная оценка качества сжатия цифровых видеосигналов требует принципиально новых подходов и методов, учитывающих особенности цифровой обработки изображений. При оценке параметров и качества различного оборудования сжатия цифровой видеoinформации в настоящее время представляет большой интерес разработка методов оценки качества цифрового кодирования, использующего стандарты MPEG. Эти стандарты обладают большой гибкостью, позволяют изменять целый ряд параметров, существенно определяющих качество передачи, не выходя за рамки стандарта. К этим важным параметрам следует отнести выбор коэффициентов квантования для различных участков изображения, выбор максимального размера окна, поиска векторов движения и их точность, выбор типов макроблоков в каждом кадре, алгоритм выбора длин последовательностей кадров различного типа, и другие решения, являющиеся фактически “ноу-хау” производителей кодера [2].

## II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как было отмечено выше, при кодировании видеопотоков на низких битрейтах наиболее сильно проявляются блочные искажения или блокинг

эффект.

**Блокинг-эффект (Blocking Effect)** - Характерное разбиение всего изображения на квадратные блоки 8x8 пикселей с заметными границами.

Блокинг-эффект возникает вследствие деления изображения на блоки с последующим их независимым кодированием, в котором используется дискретное косинусное преобразование (ДКП) и квантование коэффициентов.

Характерной особенностью ДКП с учетом квантования коэффициентов является возникновение ненулевых ошибок на границах блоков, которые замечаются глазом как скачки яркости от одного блока к другому (рис.1).

Оценка блокинг-эффекта осуществляется по формуле [9]:

$$БЭ = \frac{100}{(N-1)(M-1)} \sum_{n=0}^{N-2} \sum_{m=0}^{M-2} \left[ \left| \frac{X_{0k}^{nm} - X_{7k}^{(n-1)m}}{X_{0k}^{nm} + X_{7k}^{(n-1)m}} \right| + \left| \frac{X_{0k}^{nm} - X_{7k}^{(n-1)m}}{X_{0k}^{nm} + X_{7k}^{(n-1)m}} \right| \right] \% \quad (1)$$

где  $X_{ij}^{nm}$  – отсчеты сигнала в блоке 8\*8 пикселей, пронумерованном вдоль кадра индексом  $0 < n < (N-1)$  и поперек кадра индексом  $0 < m < (M-1)$ ;

$N*M$  - количество блоков в кадре;

$i$  и  $j$  - нумерация пикселей в каждом блоке:  $0 \leq i, j \leq 7$



Рис.1. Исходное изображение и его блокинг-эффект, возникающий при квантовании коэффициентов дискретного косинусного преобразования [7]

**Мозаичный эффект (Mosaic Pattern).** Мозаичный эффект выглядит подобно блокинг-эффекту, но обуславливается не резкими переходами между различными блоками, а заметным глазу различием всей информации в соседних блоках. Можно также определить мозаичный эффект как остаточный блокинг-эффект после деблокинговой ререкции низкочастотными фильтрами. Несмотря на то, что переходы между блоками становятся плавными, глаз воспринимает изображение как разбитое на блоки.

Мозаичный эффект также возникает при слишком грубом квантовании коэффициентов ДКП, при котором изображения внутри соседних блоков сильно отличаются друг от друга [2].

Оценка мозаичного эффекта осуществляется по формуле:

$$MЭ = \frac{100}{(N-1)(M-1)} \sum_{\forall n, m} \sum_{\forall i, j} \left[ \left| \frac{X_{ij}^{nm} - X_{ij}^{(n-1)m}}{X_{ij}^{nm} + X_{ij}^{(n-1)m}} \right| + \left| \frac{X_{ij}^{nm} + X_{7k}^{(n-1)m}}{X_{ij}^{nm} + X_{ij}^{(m-1)n}} \right| \right] \% \quad (2)$$

**Размытие изображения (Blurring).** При большом коэффициенте сжатия наблюдается размытие изображения, обусловленное значительным ограничением, либо полным обнулением высокочастотной части спектра ДКП. Мелкие детали становятся либо размытыми, либо полностью пропадают в изображении, как показано на рис. 2.

Размытие изображения может быть оценено путем измерения К-фактора импульсной характеристики и искажениями частотного клина.

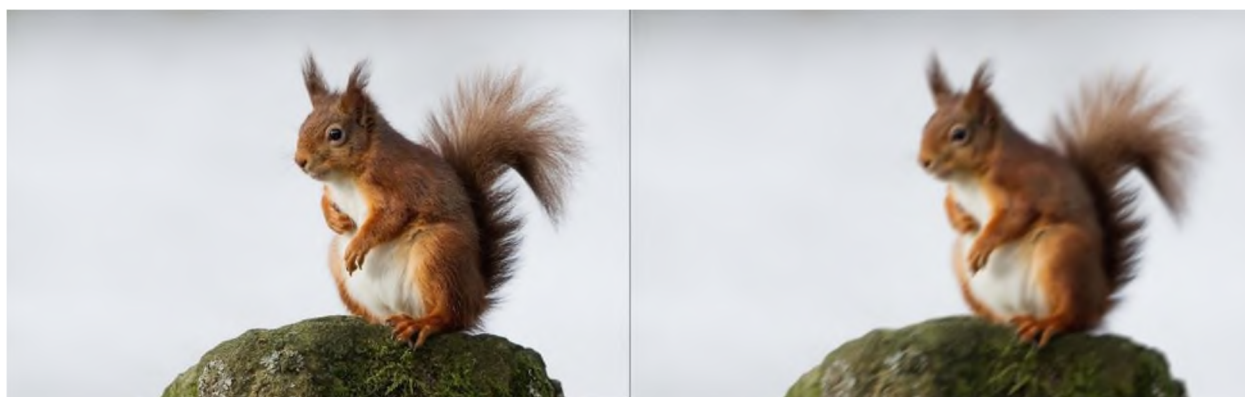


Рис.2. Исходное изображение и эффект его размытия при потере высокочастотных коэффициентов [6].

**Окантовки на границах (Ringing).** Этот тип искажений проявляется как появление характерных окантовок на резких переходах яркости изображения, обусловленных отсутствием высокочастотных компонент спектра, либо значительным их искажением. Поскольку ступенчатый сигнал содержит большое количество спектральных компонент (амплитуда которых убывает лишь обратно пропорционально их номеру), изменения амплитуд ДКП вследствие квантования могут нарушить монотонность функции вблизи ступеньки, что визуально проявляется как колебания яркости на резких переходах [3].

Этот вид искажений оценивается с использованием специальных трафаретов переходной характеристики кодирующей системы.

**Размытие цветов (Colour Bleeding).** Размытие цветов имеет такую же причину, что и эффект окантовки на границах, но проявляется на участках

изображения с резкими скачками в сигнале яркости.

Оценивается по изменению цвета на резких переходах сигнала яркости.

**Искажения типа ступеньки (Staircase Effect).** Данные искажения возникают как результат неправильного восстановления или передачи краев изображений внутри блоков. При рассмотрении каждого блока в отдельности граница, проходящая по некоторому числу блоков, выглядит нормально. Иными словами, часть границы внутри блока визуальнo воспринимается правильно. Тем не менее, при переходе к следующему блоку граница объекта терпит скачок и, в целом, выглядит как ступенька с элементами, параллельными границам блоков. Причиной возникновения данного эффекта является использование в качестве базиса разложения функций ДКП, построенных в декартовых координатах. Каждая из базисных функций имеет строго выраженную вертикальную и горизонтальную ориентации. Поэтому при грубом квантовании коэффициентов ДКП на наклонной границе проявляется внутренняя ориентация базисных функций по осям координат. Следует отметить, что данный эффект проявляется, как правило, при воспроизведении восстановленного изображения в увеличенном масштабе [4].

**Искажения, имеющие вид базисных функций ДКП (DCT Basis Image Blocks).** Этот эффект проявляется в виде структур, очень похожих по форме на базисные функции ДКП (3). На рис.3 приведены базисные функции ДКП для блока размером 8x8.

Этот эффект оценивается по формуле:

$$БФ = \max_i 100 \frac{ДКП_i}{\sum_{\forall i} ДКП_i} \% \quad (3)$$

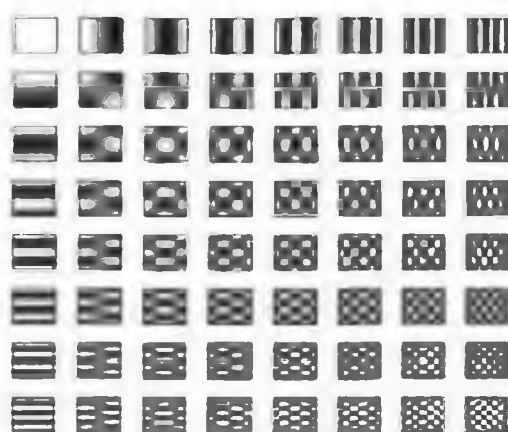


Рис.3. Базисные функции дискретного косинусного преобразования (ДКП) для блока размером 8x8 точек

**Эффект “комаров” (Mosquito Effects).** Этот эффект проявляется как флуктуации яркости или цветности в блоке на границе между движущимся объектом и фоном. Обычно уровень флуктуации не очень велик. Тем не

менее, поскольку человеческий глаз достаточно чувствителен к изменениям, дрожание яркости или цветности может оказаться заметным. Этот эффект выглядит так, как будто много мелких комаров летает вокруг объекта, отсюда происходит название эффекта. Он обусловлен межкадровым кодированием потока и возникает вследствие различной степени квантования ошибки предсказания от кадра к кадру. Часть блока, который подвергается компенсации движения, может передаваться правильно, но другая часть, соответствующая фону и ошибка предсказания которой не мала, может передаваться с искажениями вследствие более глубокого квантования коэффициентов ДКП [5].

Этот эффект оценивается по максимальному изменению яркости или цветности на границе движущегося объекта изображения.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, чтобы получить качественное изображение объекта, необходимо хорошее освещение. При съемках вне студии освещение часто отличается от идеального: слишком много света, слишком мало света, чрезмерный контраст. Зрительная система человека легко адаптируется к таким условиям. В то время как ПЗС матрицы дают хорошее изображение только в определенном диапазоне освещенности и контраста.

Наиболее часто встречающимися проблемами в изображениях являются либо недостаточная, либо излишняя освещенность объектов съемки.

Каждый из этих параметров по своему влияет на вносимые кодером искажения, поэтому рассмотрим основные типы искажений возникающих при кодировании ТВ изображений.

- Блокинг-эффект
- Мозаичный эффект
- Размытие изображения
- Окантовки на границах
- Размытие цветов
- Искажения типа ступеньки
- Искажения, имеющие вид базисных функций ДКП
- Эффект “комаров”

При передаче сигналов цифрового телевидения в ограниченном частотном ресурсе каналов связи обычно применяется большой коэффициент сжатия данных видеопотока, что сопровождается возникновением заметных блочных искажений. Поэтому в современных кодеках стандарта H.264 и им подобным применяются специальные деблокинговые фильтры, снижающие заметность блочных искажений. Поэтому было проведено исследование по оценке качества изображений после деблокинговой фильтрации на основе



адаптивного дискретно-косинусного преобразования с изменяемым размером блоков.

При этом, согласно исследованиям, метод АДКП позволяет при том же качестве обеспечить до 2-х раз большую степень сжатия изображений. Однако, применение блоков переменного размера требует передачи дополнительной информации о параметрах блоков, что приводит к снижению результирующего коэффициента сжатия видеоданных.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ю.И. Монич, В.В. Старовойтов. Оценки качества для анализа цифровых изображений.// Искусственный интеллект №4 2008 г. с.376-386.
- [2] В.Е. Джакония, А.А. Гоголь, Я.В. Друзин и др.; Телевидение. Учебник для ВУЗов под ред. В.Е. Джаконии. Москва Книги издательства «Горячая линия-Телеком» 2007
- [3] Параметры телевизионного сигнала и качество изображения. [http://www.avantos.ru/download/parametrs\\_tvsignal.pdf](http://www.avantos.ru/download/parametrs_tvsignal.pdf)
- [4] Обработка видеосигналов в камерном канале цветного телевидения <http://www.siblec.ru/index.php?dn=html&way=bW9kL2h0bWwvY29udGVudC82c2VtL2NvdXJzZTEzNy9sZWMIxzluaHRt>
- [5] Давлетова Х.Р. “ Анализ искажений ТВ изображений при их цифровом кодировании и методы их оценки” Статья в сборнике трудов Республика илмий-техник конференция «Проблемы информационных технологий и телекоммуникаций», проходившей 12-13 марта 2015 г. в Ташкенте. С.-396-400
- [6] Давлетова Х.Р., М.Р.Шукуров “ Применение фильтров для улучшения качества ТВ изображений ” Тезисы в сборнике докладов Республиканской научно-технической конференции «Проблемы информационных технологий и телекоммуникаций, проходившей 15-16 марта 2012 г. в Ташкенте.
- [7] Давлетова Х.Р., Е.А. Асташев “ Улучшение качества цветопередачи ТВ изображений на основе алгоритма «Retinex»”. Статья в сборнике трудов Республика илмий-техник анжуман «Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари», проходившей 21-22 апреля 2011 г. в Ташкенте.
- [8] Давлетова Х.Р., М.Р.Шукуров “ Применение фильтров для улучшения качества ТВ изображений ” Тезисы в сборнике докладов Республиканской научно-технической конференции «Проблемы информационных технологий и телекоммуникаций, проходившей 15-16 марта 2012 г. в Ташкенте.
- [9] М.В.Ким., Давлетова Х.Р. “ Масштабирование и фильтрация цифровых изображений ” Тезисы в сборнике докладов Республиканской научно-технической конференции «Проблемы информационных технологий и



телекоммуникаций, проходившей 15-16 марта 2012 г. в Ташкенте.