

Аксенов А.Ю., Зайцева А.А., Кулешов С.В.

О критерии адекватности цифровых трактов передачи данных

УДК 658.012:004.42

Ключевые слова: канал связи, видеоданные, цветность, критерий адекватности

Аннотация. В статье рассмотрены цифровые каналы связи и описаны возможные подходы к оценке адекватности компонентов передаваемым по ним данным.

Принципиальной особенностью цифровых каналов связи, использующих компрессию с потерями, является передача приблизительной копии исходного содержимого, что связано с уменьшением объема передаваемых данных.

Обобщенная структура канала передачи видеоданных представлена на рисунке 1.

Традиционно для оценки качества канала связи и его адекватности передаваемым данным в теории связи использовались энергетические критерии, которые не учитывали особенности передаваемого контента. Различные неэнергетические критерии оценки адекватности канала передаваемым данным уже предлагались авторами в [1, 2].

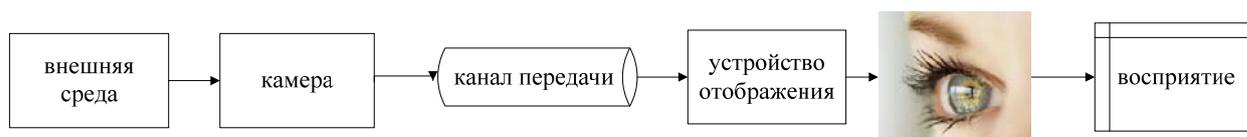


Рисунок 1 – Обобщенная структура канала передачи видеоданных

При передаче видеоданных по каналу вследствие технологических особенностей источников данных (камер, сканеров), особенностей каналов передачи, промежуточных этапов обработки данных, а также средств отображения данных (ЭЛТ и ЖК дисплеев, проекторов) существует конструктивное несоответствие областей значений передаваемых данных.

Рассмотрим задачу оценки адекватности на примере канала цветности в трактах передачи видеоданных. На рисунке 2 на диаграмме CIE приведено соответствие цветового охвата цифрового источника (CCD-матрицы) и устройства отображения (ЖК-монитора с технологией TN+Film). Диаграмма CIE построена на результатах измерения характеристик человеческого глаза, возможности которого были тщательно изучены в ходе длительных исследований, проведенных комитетом CIE [3, 4].

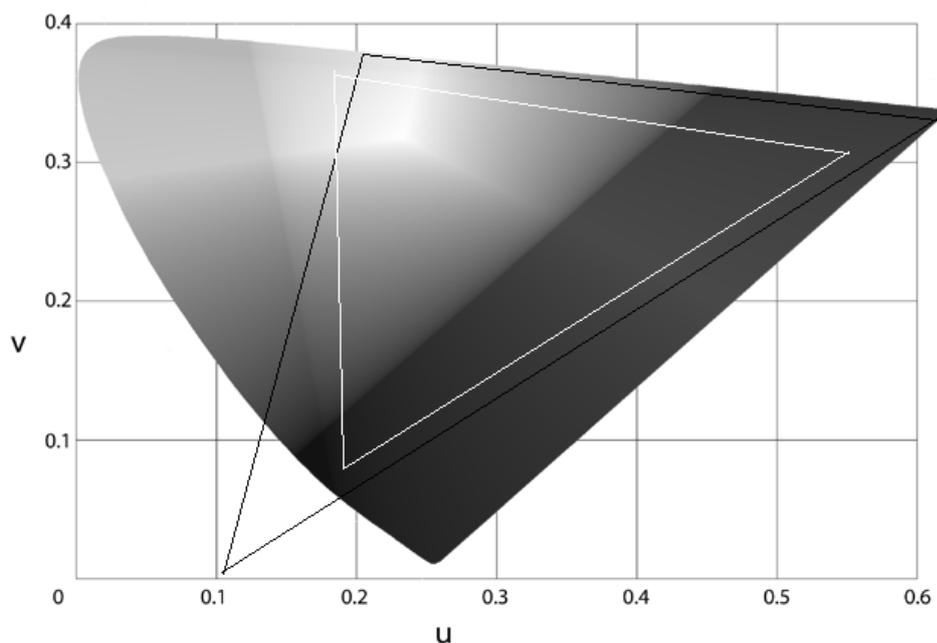


Рисунок 2 – Несоответствие цветных диапазонов камеры (черная линия) и устройства отображения (белая линия)

Оценки критериев адекватности источника (камеры), канала связи и устройства отображения могут быть основаны на психовизуальных особенностях восприятия человека, которые позволяют адаптировать достаточный информационный объем аудиовизуальных данных (уменьшать разрешение или исключать граничные значения) без ухудшения восприятия.

В случае использования в тракте компонентов, осуществляющих обработку видеоданных, в том числе компрессию с потерями, происходит дополнительное сужение цветового диапазона, то есть уменьшение количества различимых пикселей.

Для оценки сужения цветового диапазона была использована следующая методика: производилась имитация передачи по каналу с компрессией изображения сечений цветового пространства RGB, содержащего полный опорный набор цветов (рисунок 3), представимых в этой системе (16581375 значений). Компрессия производилась на основе двух различных базисов: DCT (дискретное косинусное преобразование) и DWT (дискретное вейвлет-преобразование) с различными значениями величины компрессии.

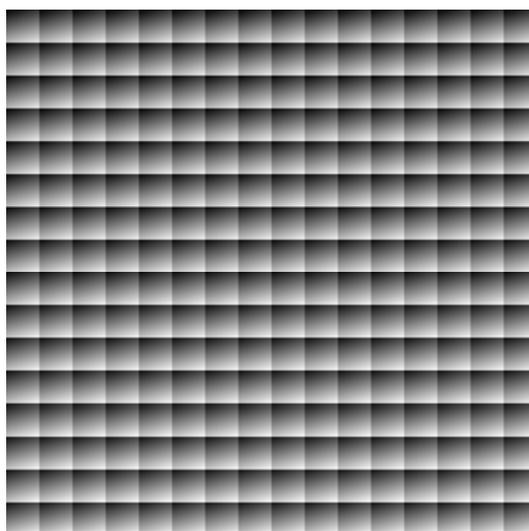


Рисунок 3. Полный опорный набор цветов пространства RGB

После получения компрессированного изображения производилось его сопоставление с исходным, при этом оставались только те пикселы, значения цветковых компонент которых полностью соответствовали исходным. Далее производился подсчет количества различных пикселов, оставшихся неизменными после компрессии. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Базис	Параметр сжатия	Размер компрессированного файла	Количество различных цветковых значений
DCT (JPEG)	q=1	278 Кб	13255
	q=5	663 Кб	311508
DWT (JPEG2000)	q=10	69.6 Кб	2108691
	q=50	101 Кб	11318717

Для наглядности представления результатов, в качестве примеров уменьшения цветкового диапазона при использовании компрессии на Фурье и вейвлет базисах, было выбрано RGB отображение цветовой диаграммы CIE. Результаты обработки при разной степени компрессии показаны на рисунках 4-7.

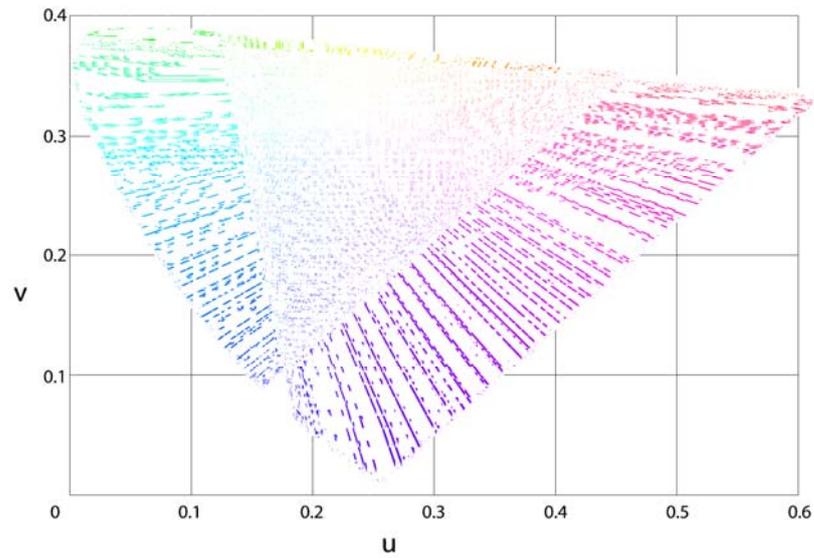


Рисунок 4 – Уменьшение цветового диапазона при использовании компрессии с параметром $q=5$ в базисе DCT

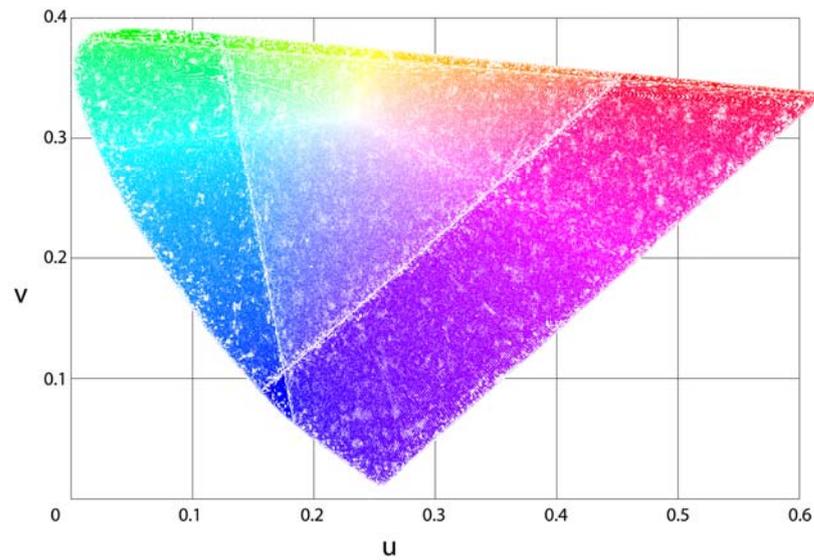


Рисунок 5 – Уменьшение цветового диапазона при использовании компрессии с параметром $q=50$ в базисе DWT

В случае применения квантования коэффициентов разложения цветовое пространство еще более уменьшается (рис. 5) для базиса DCT.

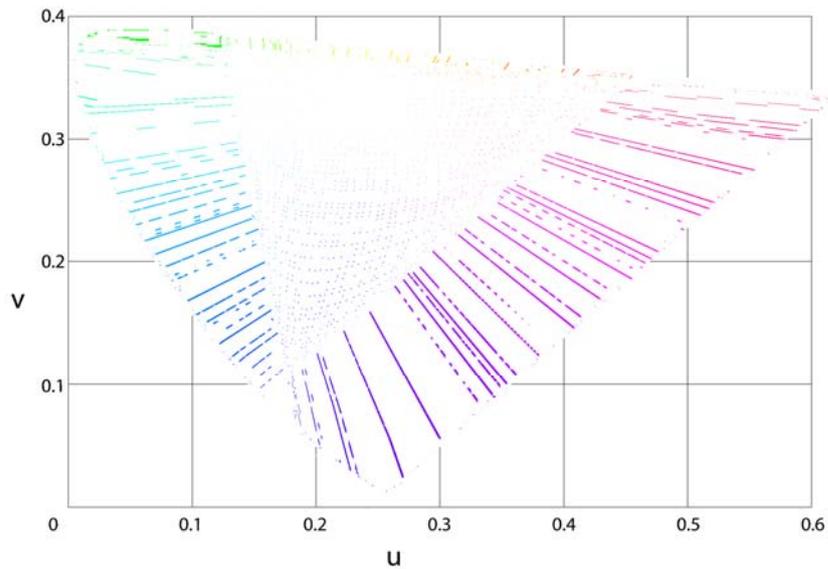


Рисунок 6 – Уменьшение цветового диапазона при использовании компрессии с параметром $q=1$ на базисе DCT

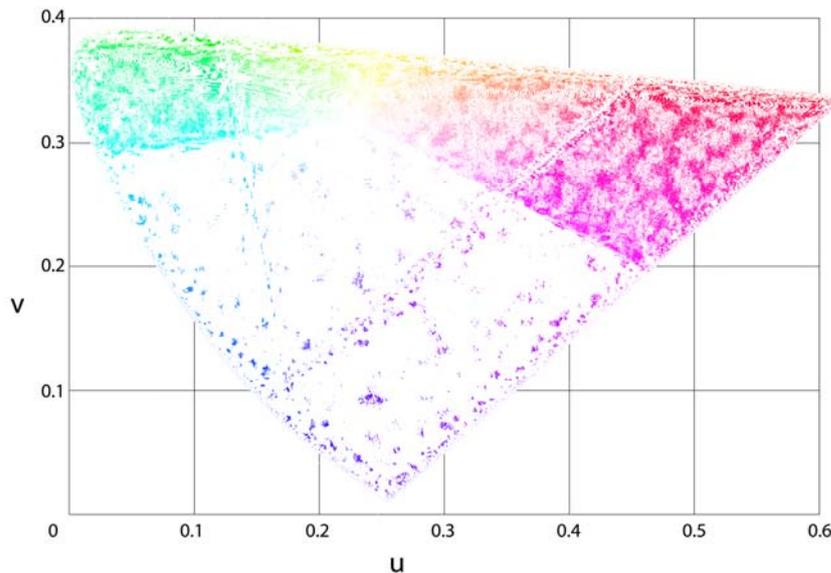


Рисунок 7 – Уменьшение цветового диапазона при использовании компрессии с параметром $q=1$ на базисе DWT

Введем понятие критерия адекватности тракта – отношение количества идентифицируемых (различимых) точек цветового пространства после всех этапов обработки, передачи и хранения (N) к количеству идентифицируемых точек, воспроизводимых устройством отображения (N_{out}) или генерируемых камерой (N_{in}), соответствующим количеству различных представимых пикселей.

$$A = N / N_{in}, A = N / N_{out}$$

Критерий адекватности камеры к устройству отображения (A_{dev}) – отношение количества идентифицируемых (различимых) точек цветового пространства воспроизводимых устройством отображения к количеству идентифицируемых точек цветового пространства генерируемых камерой. При $A_{dev} > 1$ имеется информационная недостаточность (устройство отображения может воспроизводить значения цвета, которые не способна генерировать камера), при $A_{dev} < 1$ имеет место информационная избыточность, т.е. канал передачи данных используется для передачи значений, которые не способно воспроизвести устройство отображения.

$$A_{dev} = N_{out} / N_{in}$$

Рассмотрение специфики устройств формирования и отображения видеоданных, а также особенностей каналов передачи данных с компрессией выявило наличие несоответствия, выраженного в информационной избыточности передаваемых данных. Учет наличия такой избыточности может способствовать повышению эффективности каждого элемента тракта, а также их оптимального совместного использования в каналах цифрового телевидения.

Рассмотренный подход и введенный критерий могут служить для оптимизации каналов с компрессией для повышения степени компрессии изображения при неизменном субъективном качестве изображения.

Литература

1. Кулешов С.В., Цветков О.В. О критериях метрологической оценки информационных сообщений // Изв. Вузов. Приборостроение. 2007. Т.50, №5. — С.11-15.
2. А.Ю. Аксенов, А.А. Зайцева, С.В. Кулешов Критерий ϵ -идентифицируемости в обработке аудио и видео данных - VIII всероссийская научно-практическая конференция с международным участием "Современные информационные технологии в науке, образовании и практике" — Оренбург, 25-27 ноября 2009
3. CIE (1932). Commission internationale de l'Eclairage proceedings, 1931. Cambridge University Press, Cambridge.
4. Color Models — http://software.intel.com/sites/products/documentation/hpc/ippi/ippi_ch6/ch6_color_models.html