

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСАЙЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ АФФИННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Анисимова А.Г.

*В статье рассматриваются проблемы обеспечения больших степеней сжатия видеоданных ТВ изображений при использовании двустороннего масштабирования. Рассматриваются методы ресайза изображений с использованием аффинных преобразований. Приводятся экспериментальные данные по оценке эффективности аффинных преобразований.*

**Ключевые слова:** видео кодек, масштабирование, ресайз изображений, интерполяция, бикубическая интерполяция, аффинные преобразования, сжатие видеоданных, цифровое телевидение.

*Мақолада ТВ тасвир видеомаълумотларини сиқишда катта коэффициентларни таъминлаш муаммолари кўриб чиқилган. Шунингдек, видеооқимни кодлаш самарадорлигини ошириш учун бирламчи тасвир ўлчамларини аффин ўзгартириш усуллари таҳлил қилинган. Аффин ўзгартиришлардан сўнг қўлланиладиган коэффициентлар жадвали ҳам келтирилган.*

**Калит сўзлар:** тасвир ўлчамлари, видео маълумотлар, сиқиш коэффициенти, кодлаш самарадорлиги, видео кодек, интерполяция, бикубик интерполяция.

*The article discusses problems of providing large affin compression ratios of video data of TV images and analyzes methods of preliminary resizing of original images to improve the efficiency of video stream encoding. Tables of quantizing coefficients using after transformation are given.*

**Keywords:** image size, video data, compression ratio, coding efficiency, video codec, interpolation, bicubic interpolation..

## Введение

С развитием цифрового телевидения значительно возрастают потребности в увеличении качества и количества ТВ программ, причем растет количество программ, передаваемых в стандартах высокой четкости, имеющих гораздо больший объем данных. При этом в условиях ограниченного частотного ресурса сохранить качество изображений можно только, создавая более эффективные методы сжатия ТВ изображений с большими степенями сжатия видеопотока.

Основная проблема заключается в том, что в цифровом телевидении скорость программ-

ного потока стандартной четкости составляет 240 Мбит/с, что за час передачи дает объем в 108 Гбайт. Он требует для передачи сигналов цифрового телевидения каналы связи с полосой пропускания в 120 МГц, что не позволяет передавать такой огромный объем информации по стандартным 8 МГц телевизионным радиоканалам. Кроме того, операции записи и хранения столь больших объемов информации на цифровых серверах до сих пор сопряжены с серьезными трудностями. Причем, в телевидении обработка видеопотока должна происходить в реальном времени, то есть все кодирование кадра должно производиться за время не более 40 мс.

Проведенные исследования [1] показали, что в настоящее время для обеспечения больших величин сжатия видеоданных используются довольно сложные алгоритмы с компенсацией движения перемещающихся видеообъектов, имеющие довольно низкое быстродействие. Поэтому в профессиональных видеокодеках используется дорогая высокопроизводительная микропроцессорная техника, имеющая стоимость от несколько тысяч до десятков тысяч долларов, что неприемлемо в массовом применении. Поэтому разработка более простых и быстродействующих алгоритмов кодирования изображений имеет важное значение, особенно для мобильных устройств и систем видеонаблюдения.

На величину сжатия видеопотока влияет целый ряд факторов. В первую очередь, это наличие избыточной информации (кодовая, структурная, статистическая, психовизуальная, временная), величина которой сильно зависит от структуры самого видеосюжета [1]. Так, изображения с относительно однородным фоном, содержащие значительный объем избыточной информации, сжимаются значительно лучше, чем изображения с мелким деталями и значительными перепадами яркости (рис.1). Поэтому плохо сжимаемые видеоданные обычно «дожимаются» квантователями за счет потери части полезной информации, что существенно снижает качество изображений. Значит, для сохранения визуального качества изображений требуются более эффективные методы кодирования.



а) Сжатие в 25 раз

б) Сжатие в 3 раза

Рис. 1. Результаты сжатия изображений различной структуры в режиме без потерь качества

### Основная часть

Одним из перспективных подходов повышения величины сжатия видеоданных ТВ изображений можно назвать уменьшение размеров исходного изображения перед кодированием и восстановление его размеров при декодировании, т.е. если перед кодированием в исходном

изображении уменьшить число пикселей по горизонтали и вертикали в 2 раза (рис.2), то объем его данных сократится в 4 раза и, соответственно, сократится объем данных кодированного изображения.



Рис.2. Исходное, уменьшенное и восстановленное изображение видеопотока

Данный метод имеет хорошую эффективность, однако при уменьшении размеров изображений может безвозвратно теряться часть полезной информации. Эти потери в значительной мере влияют на качество и разборчивость интерполируемых изображений, так как отсутствующие мелкоструктурные элементы уже невозможно восстановить интерполяционными методами. Поэтому для сохранения наиболее важной мелкоструктурной информации в уменьшенных изображениях нужны специальные методы уменьшения разрешения изображений. Одним из возможных вариантов улучшения качества уменьшенных изображений могут являться аффинные преобразования, позволяющие трансформировать изображения произвольным образом. Рассмотрим возможности применения аффинных преобразований для более качественного ресайза изображений.

Аффинные преобразования (*affinis* – соприкасающийся, близкий, смежный) описывают отображение плоскости или пространства в себя. Аффинные преобразования на плоскости в общем виде описываются следующими формулами [2, 3]:

$$\begin{cases} X = Ax + By + C \\ Y = Dx + Ey + F \end{cases} \quad (1)$$

где  $A, B, C, D, E, F$  – некие константы, причем преобразование (1) можно записать в матричной форме:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B & C \\ D & E & F \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix},$$

Масштабирование изображения происходит по следующему алгоритму:

$$\begin{pmatrix} Sx & 0 & 0 \\ 0 & Sy & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Px \\ Py \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Px & * & Sx \\ Py & * & Sy \\ & & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

На рис. 3 представлен пример операции растяжения изображения треугольника путем аффинных преобразований, где синий треугольник – исходное изображение, а красный – увеличенное изображение.

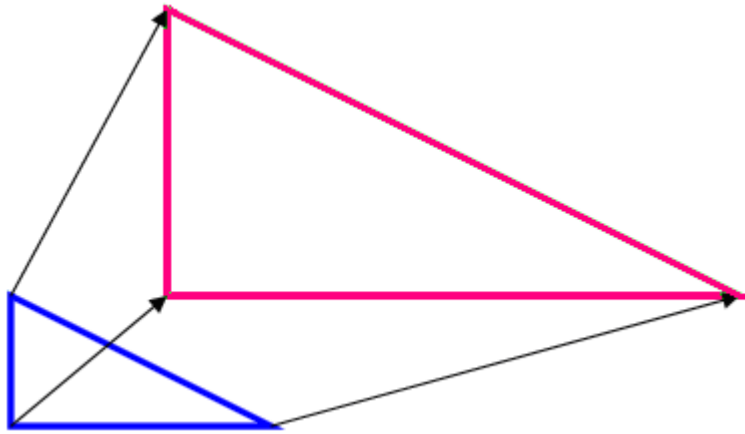


Рис. 3. Вариант масштабирования изображений аффинными преобразованиями

Для практической оценки вносимых аффинными преобразованиями искажений при масштабировании изображений было создано инструментальное программное обеспечение. Внеш-

ний вид интерфейса управления и варианты ресайза изображений представлены на рис.4 и рис.5.

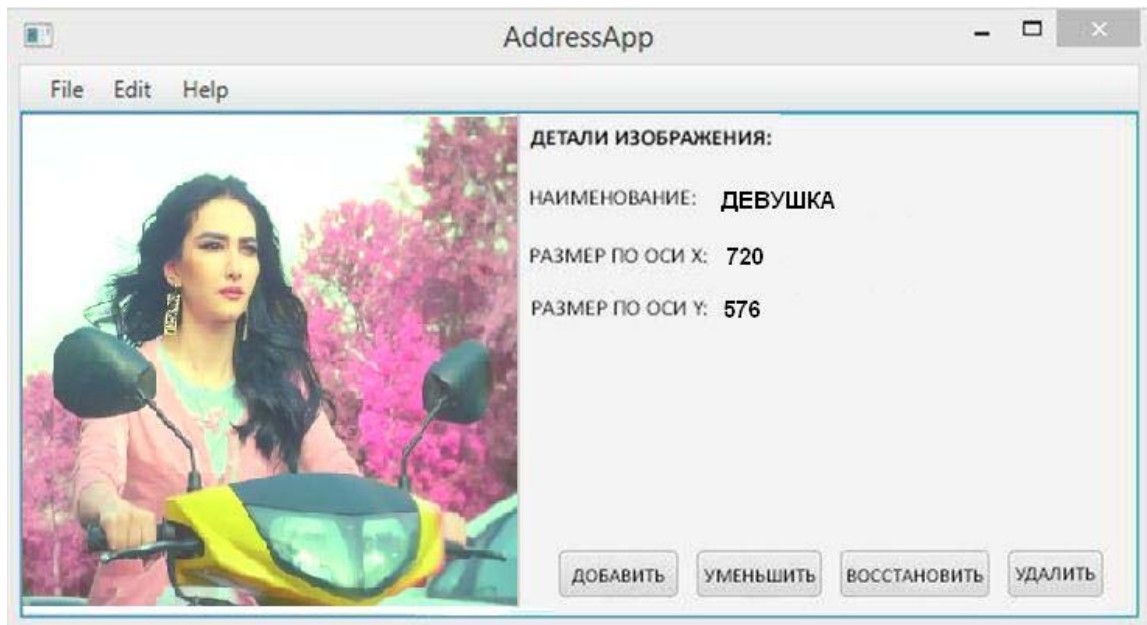


Рис.4. Внешний вид интерфейса управления кодака изменения размеров изображений на основе аффинных преобразований

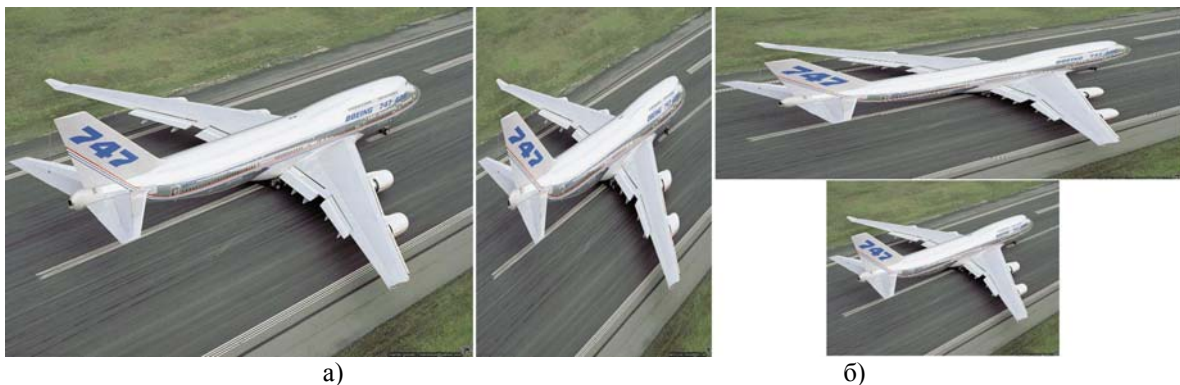


Рис.5. Исходное изображение (а) и варианты его масштабирования (б)

Для оценки эффективности двунаправленного ресайза изображений использовалась обработка 3 тестовых изображений различных жанров с различным содержанием мелкоструктурных элементов. В экспериментах каждое тестовое изображение вначале последовательно уменьшалось аффинными преобразованиями в 2 раза по горизонтали, вертикали и полю, а затем также восстанавливалось до первоначального

размера. Оценка качества восстановленных изображений проводилась как визуально (рис.6), так и с помощью вычисления среднеквадратической ошибки значений пикселей исходного и восстановленного изображения. Результаты экспериментальных данных представлены в таблице 1 и в виде гистограмм на рис.7.



Рис.6. Вид исходных изображений (а) и результатов их двунаправленного масштабирования по полю аффинными преобразованиями

Экспериментальные результаты вносимых искажений при двунаправленном ресайзе изображений аффинными и бикубическими преобразованиями.

№	Вид тестового изображения	Тип масштабирования	СКО преобразования (%)	
			Аффинные	Бикубические
1	Боинг 747	вертикальный	7,3	8
		горизонтальный	3,4	5
		Общий	8	9
2	Горный вид	вертикальный	11	12
		горизонтальный	7,1	8
		Общий	11	12
3	Девушка	вертикальный	0,94	1,5
		горизонтальный	2,3	3
		Общий	1,7	2,4

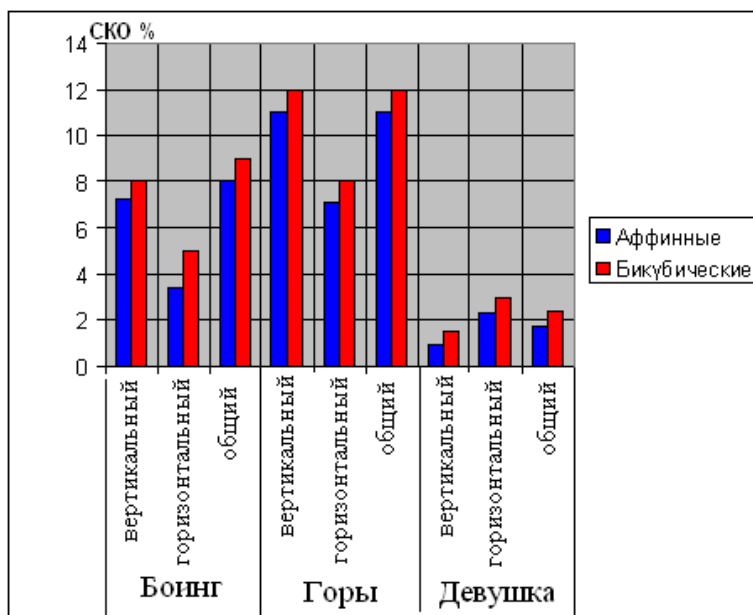


Рис. 7. Гистограммы вносимых искажений при масштабировании тестовых изображений аффинными преобразованиями

Как видно из результатов экспериментов, аффинные преобразования показывают неплохую эффективность. Так, на относительно гладких изображениях девушки (рис.6) визуальное ухудшение качества не заметно, да и объективная оценка искажений по среднеквадратическому отклонению значений пикселей исходного и восстановленного изображений показывает ошибку всего в 1-2%. Это очень хороший показатель. Что касается изображений с мелкой структурой, то эффективность работы аффинных преобразований несколько хуже. Так, на изображении Боинга 747 становятся заметны искажения в виде ряби возле иллюминаторов, а значение СКО возрастает 8%. На изображении горного вида СКО еще больше (11%), хотя визуальное искажения малозаметны. Тем не менее, эффективность аффинных преобразований оказывается выше, чем у широко распространенной бикубической интерполяции.

#### Выводы

Следует отметить, что результаты проведенных исследований по уменьшению и последующему увеличению в 2 раза размеров изображений аффинными преобразованиями показали неплохую их эффективность. На относительно гладких изображениях (рис.6) искажения масштабирования визуально не заметны. На статических мелкоструктурных изображениях искажения более заметны, но они ниже, чем при широко распространенном методе бикубической интерполяции. Кроме того, за счет инерционности зрения в видеопотоке эти искажения также могут быть незаметны.

Таким образом, для выбора наилучшего метода изменения размеров изображений с целью повышения величины сжатия видеопотока в реальном времени при сохранении визуального качества изображений необходимо продолжить исследования в данном направлении.

**Литература**

1. И.А.Гаврилов, Т.Г.Рахимов, А.Н.Пузий, Х.Х.Носиров, Ш.М.Кадиров “Цифровое телевидение” Ташкент, 2016 г., 380 стр.

2. Порев В. Н. Компьютерная графика. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002. - 432 стр.

3. Хилл Ф. Open GL. Программирование 4. компьютерной графики. Для профессионалов. - СПб.: Питер, 2002. - 1088с.:ил. ISBN5-318-00219-6

УДК 621.391.25

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ СИГНАЛОВ НА МОДЕЛИ РРЛ С ЦИФРОВОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕДАЧИ

*Хатамов А.П., Губенко В.А.*

*Bu maqolada turli omillarni hisobga olgan holda, raqamli radio aloqa tizimlarida axborotni ishonchli uzatish va ishonchliligini nazorat qilish usullarini hamda ko'p kanalli telefon xabarlarini uzatishga mo'ljallangan laboratoriya qurilmasini o'rganish imkoniyatlari keltirilgan.*

*In this article describes a laboratory setting, allowing exploring the principles of transmission of multi-channel telephone communications and controlling methods of reliability information transmission in digital radio relay communication systems, taking into account various.*

*В статье рассматривается лабораторная установка, позволяющая изучить принципы передачи многоканальных телефонных сообщений и методы контроля достоверности передачи информации в цифровых радиорелейных системах связи с учетом различных факторов.*

**Ключевые слова:** ретрансляция сигнала, цифровые радиорелейные системы связи, антенны, распространение радиоволн, кодовые ошибки.

Развитие современного общества невозможно без широкого использования разнообразных средств и систем передачи информации. Ее объем постоянно растет, соответственно, возрастают требования к надежности каналов передачи, эффективности использования телекоммуникационного оборудования и, в конечном итоге, к качеству предоставляемых услуг. Все это требует постоянного совершенствования систем телекоммуникаций, в том числе цифровых радиорелейных систем связи (ЦРСС), с помощью которых обеспечивается передача значительной части глобального информационного трафика.

Современные ЦРСС позволяют передавать большой объем информации с большой скоростью на большие расстояния с максимально возможным качеством и минимальными потерями. Для этого требуются полосы частот до нескольких десятков, а иногда и сотен мегагерц,

и соответствующие несущие в несколько десятков и более гигагерц.

Сигналы в виде радиоволн на этих частотах эффективно передаются только в пределах прямой видимости. Поэтому для связи на большие расстояния необходимо использовать ретрансляцию радиосигналов. На радиорелейных линиях связи (РЛС) прямой видимости в основном применяют активную ретрансляцию, в процессе которой сигналы обрабатываются и усиливаются в пределах каждого пролета РЛС. При этом между антеннами ретранслятора, направленными на соседние станции, устанавливают приемопередатчик.

Также применяют пассивную ретрансляцию, которая в простейшем случае осуществляется с помощью металлического переотражающего зеркала (разновидность пассивного ретранслятора), установленного под определенным углом к направлению прямой видимости луча радиосигнала.

Протяженность пролета между соседними станциями зависит от профиля рельефа местности, частоты сигнала и высоты подвеса антенн.

В учебном процессе при изучении особенностей построения и функционирования РЛС актуально использование специальных лабораторных установок, измерительных комплексов, программ компьютерного моделирования.

На кафедре «Технологии мобильной связи» разработана лабораторная установка для изучения принципов передачи многоканальных телефонных сообщений, а также методов контроля достоверности передачи сигналов в ЦРСС.

Структурная схема лабораторной установки приведена на рисунке 1.

Пролет ЦРСС образуют передатчик (Прд) и приемник (Прм), которые связаны между собой через эквивалент среды распространения и антенно-фидерного тракта (АФТ). В состав эквивалента входят два регулируемых аттенюатора АТ<sub>1</sub> и АТ<sub>2</sub> (первый – с плавной регулировкой, второй – с фиксированной регулировкой).