



Сравнение кодеков изображений стандарта JPEG 2000

Руководитель проекта: Дмитрий Ватолин

Замеры: Алексей Москвин

Обработка, перевод: Олег Петров

Проверка: Артем Титаренко

Кодеки:

- JASPER 1.701.0
- ACDSee 7.0
- Leadtools JPEG 2000 Photoshop plug-in 1.0
- Morgan JPEG 2000 toolbox 1.2 rev 0.0
- Lurawave 2.1.10.04
- Kdu_compress 4.5.2
- JPEG 2000 Compressor (Anything 3D) 1.00.000
- Elecard Wavelet 3.0 Beta
- Photoshop CS2 'native' plug-in 1.6

September 2005

CS MSU Graphics&Media Lab

Video Group

<http://www.compression.ru/video>

Содержание	
Содержание.....	2
Overview.....	3
Кодеки.....	3
Настройки кодеков	3
Тестовые изображения.....	4
Задачи и правила тестирования.....	5
Задачи тестирования кодеков JPEG 2000	5
Правила тестирования.....	5
Изображения, использовавшиеся в тестировании	6
Barbara	6
Lenna	7
Lighthouse.....	8
House.....	9
Кодеки, использовавшиеся в тестировании	10
JPEG из Adobe Photoshop version 7.0.....	10
JASPER 1.701.0	10
ACDSee 7.0	10
Leadtools JPEG 2000 Photoshop plugin 1.0.....	11
Morgan JPEG 2000 toolbox 1.2 rev. 0.0.....	11
Lurawave 2.1.10.04.....	11
Kdu_compress 4.5.2.....	12
JPEG 2000 Compressor (Anything 3D) 1.00.000.....	12
Eleccard Wavelet 3.0 Beta	12
Photoshop CS2 'native' plugin, ver. 1.6.....	13
Графики Y-PSNR/Compressed file size, Delta-Y-PSNR/Compressed file size.....	14
Изображение Barbara.....	14
Изображение Lenna	16
Изображение Lighthouse.....	17
Изображение House.....	18
Визуальное сравнение	19
Сравнение JPEG и JPEG 2000.....	19
Сравнение JPEG 2000 кодеков.....	20
Выводы из визуального сравнения	24
Неформальное сравнение кодеков.....	25
Правила неформального сравнения.....	25
Результаты неформального сравнения.....	25
Общие выводы.....	26
Благодарности	27

Overview

Кодеки

Кодек	Изготовитель	Версия
JPEG (not JPEG 2000)	Adobe Systems Inc.	7.0
JASPER	Michael Adams	1.701.0
ACDSee	ACD Systems	7.0
Leadtools JPEG 2000 Photoshop plugin	Leadtools Technologies	1.0
Morgan JPEG 2000 toolbox	Morgan Multimedia	1.2 rev 0.0
Lurawave	LuraTech	2.1.10.04
Kdu_compress	Kakadu Software	4.5.2
JPEG 2000 Compressor (Anything 3D)	Anything 3D Corp	1.00.000
Elecard Wavelet	Elecard Inc.	3.0 Beta
Photoshop CS2 'native' plugin	Adobe Systems Inc.	1.6

Настройки кодеков

Кодек	Параметр	Значения
Jpeg (не стандарта JPEG 2000)	quality	0, 1, 2, 3, 6, 9
JASPER	rate	0.01, 0.024, 0.04, 0.06, 0.09, 0.107
ACDSee	compression ratio	100, 43, 25, 17, 12, 9
Leadtools JPEG 2000 Photoshop plugin	compress ratio	100, 43, 25, 17, 12, 9
Morgan JPEG 2000 toolbox	quality	3, 7, 12, 18, 26, 31
Lurawave	quality	10, 30, 50, 70, 90, 100
Kdu_compress	bps	0.24, 0.56, 0.96, 1.44, 2.16, 2.56
JPEG 2000 Compressor (Anything 3D)	quality	5, 10, 20, 30, 40, 53
Elecard Wavelet	compress factor	1, 2, 4, 6, 9, 12
Photoshop CS2 'native' plugin	file size (kb)	7, 18, 31, 47, 68, 82

Остальные настройки кодеков оставались без изменений. Их значения можно увидеть на скриншотах интерфейсов кодеков.

Тестовые изображения

Изображение	Исходный размер	Разрешение
Barbara	786486 байт	512x512
Lenna	786486 байт	512x512
Lighthouse	786486 байт	512x512
House	786486 байт	512x512

Задачи и правила тестирования

Задачи тестирования кодеков JPEG 2000

JPEG 2000 – новый формат хранения сжатых изображений. Он был разработан для замены популярного формата JPEG и обладает целым рядом преимуществ: доступны более высокие степени сжатия, режим без потерь, прогрессивная визуализация изображения во время загрузки, масштабирование, исправление ошибок и т.д. Стандарт JPEG 2000 был принят относительно недавно, и изображения в этом формате еще не распространены, но со временем у него есть все шансы повсеместно вытеснить традиционный JPEG. **Задачей тестирования ставилось сравнение доступных на данный момент кодеков стандарта JPEG 2000: существует ли значительная разница между кодеками этого стандарта?** Сравнивалось только качество сжатия. Замеры проводились на стандартных изображениях, все параметры кодеков кроме качества сжатого изображения брались по умолчанию.

Правила тестирования

- Подсчет PSNR производился с помощью MSU Video Quality Measurement Tool
www.compression.ru/video/quality_measure/video_measurement_tool.html
- Все настройки кроме качества сжатого изображения брались по умолчанию
- Настройки качества подбирались таким образом, чтобы сжатые файлы имели приблизительно одинаковые размеры.
- Для Photoshop CS2 параметр "save meta data" был отключен

Изображения, использовавшиеся в тестировании

Barbara



Barbara.bmp (50% size)

Название	Barbara
Разрешение	512x512
Особенности	Черно-белое изображение. Основная особенность – полосы на скатерти, платке и брюках, здесь часто возникает муар и другие артефакты.

Lenna



Lenna.bmp (50% size)

Название	Lenna
Разрешение	512x512
Особенности	Классическое тестовое изображение. Плавные цветовые переходы, наклонные границы.

Lighthouse



Lighthouse.bmp (50% size)

Название	Lighthouse
Разрешение	512x512
Особенности	Особенности изображения – небо, поручни маяка, его текстура, уходящий вдаль забор. По их детализации и артефактам можно судить о качестве сжатого изображения.

House



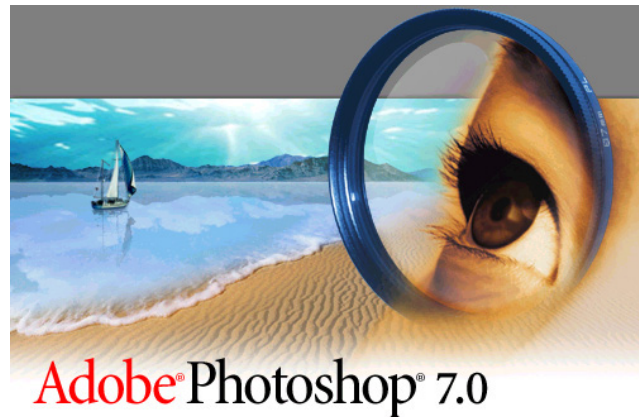
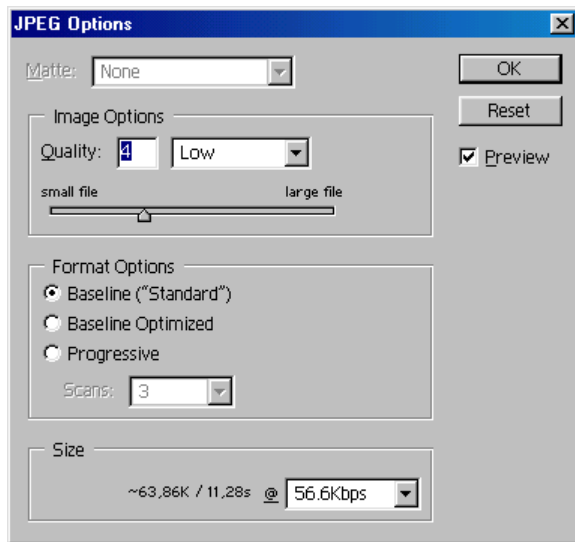
House.bmp (50% size)

Название	House
Разрешение	512x512
Особенности	Много высокочастотных областей (трава, листья), плохо сохраняется при сжатии. Яркая граница на скате крыши.

Кодеки, использовавшиеся в тестировании

JPEG из Adobe Photoshop version 7.0

Этот кодек использовался для сравнения возможностей форматов JPEG и JPEG2000. Единственный протестированный JPEG кодек, входит в состав Adobe Photoshop version 7.0. Изменялся параметр 'Quality'.



Andrew Coven, Chris Cox, Todor Georgiev, Jerry Harris, Sarah Kong, Tai Luxon, Sean Parent, John Penn II, Tom Ruark, Cris Rys, Del Schneider, Russell Williams, Matt Wormley, John Worthington, Dave Rau, Michael Scarafone, Mike Leavy, Rick Wulff, Dave Howe, Karen Gauthier, Gwyn Weisberg

© 1990-2002 Adobe Systems Incorporated. All rights reserved. Adobe, the Adobe logo and Photoshop are either registered trademarks or trademarks of Adobe Systems Incorporated in the United States and/or other countries

Protected by U.S. Patents 4,837,613; 5,146,346; 5,546,528; 5,808,623; 5,819,278; 5,870,091;

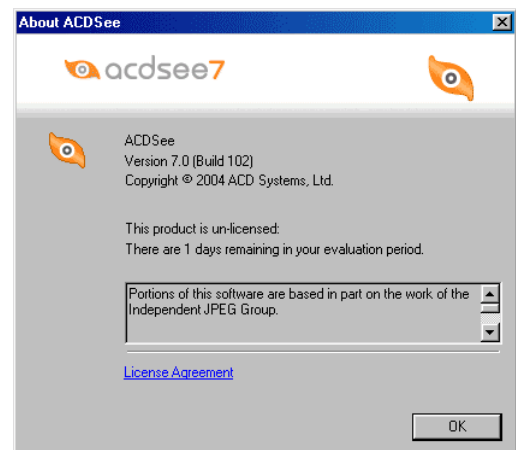
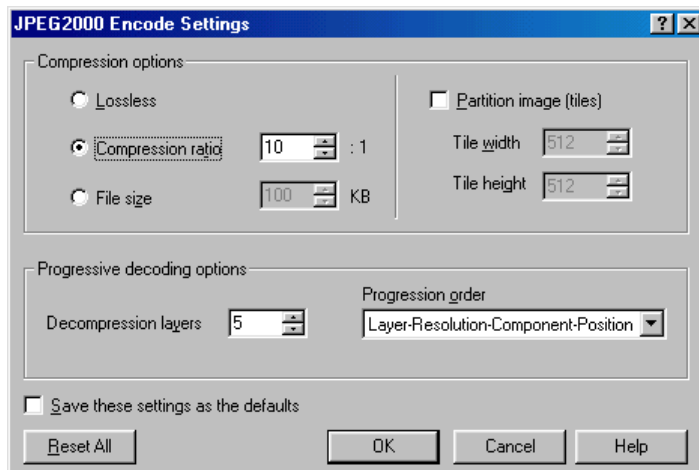
JASPER 1.701.0

Консольный кодек. Включен в стандарт JPEG 2000 как официальная реализация кодекса. Изменялся параметр 'rate'. Для запуска использовалась следующая строка:

```
jasper.exe --input in.bmp --output out.jp2 -O rate=0.09
```

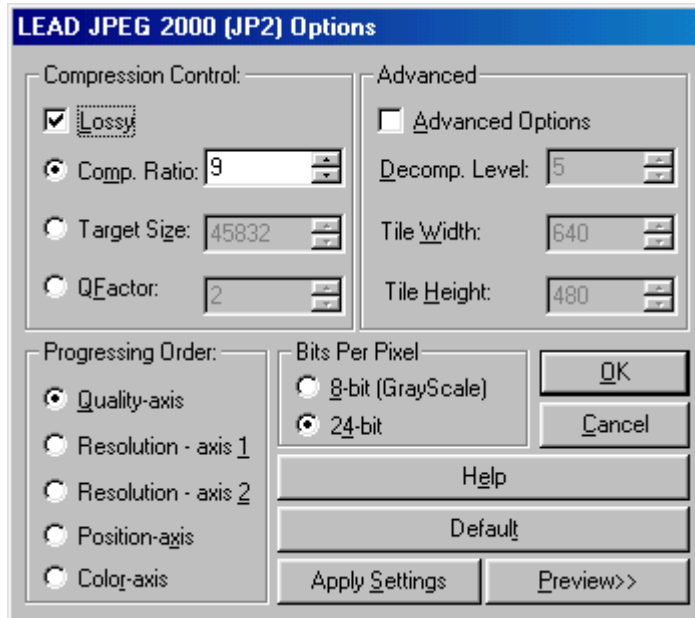
ACDSee 7.0

Изменялся параметр 'Compression Ratio'.



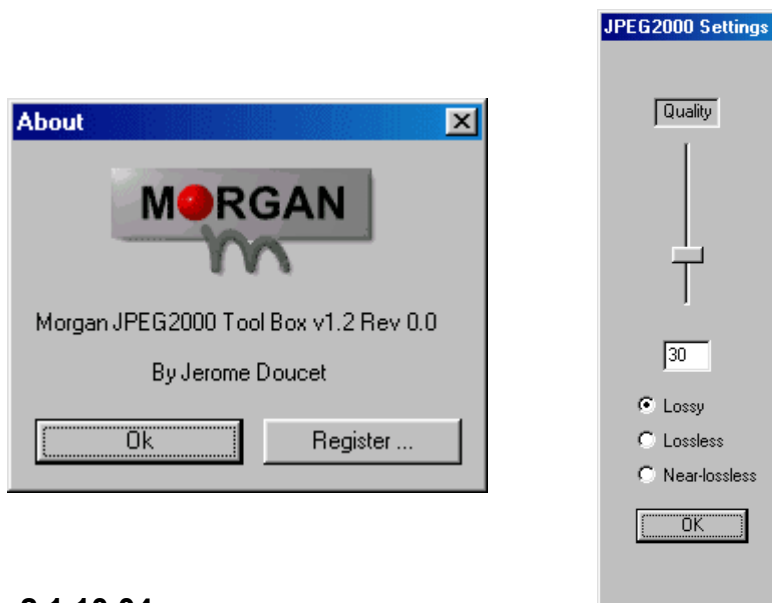
Leadtools JPEG 2000 Photoshop plugin 1.0

Изменялся параметр 'Comp. Ratio'.



Morgan JPEG 2000 toolbox 1.2 rev. 0.0

Изменялся параметр 'Quality'. Кодек был неудобен для тестирования: часто при изменении параметра 'Quality' размер сжатого файла никак не изменялся.



Lurawave 2.1.10.04

Консольный кодек. Изменялся параметр 'Qual'. Для запуска использовалась следующая строка:

```
jp2.exe c -i source.bmp -o output.jp2 -Qual 60
```

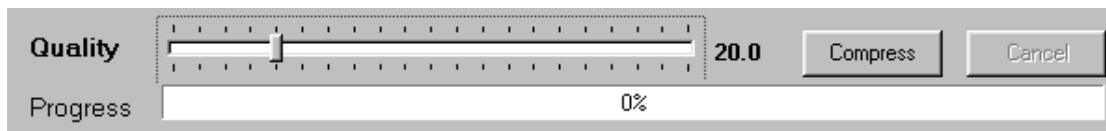
Kdu_compress 4.5.2

Консольный кодек. Изменялся параметр 'rate'. Для запуска использовалась следующая строка:

```
kdu_compress.exe -i source.bmp -o target.jp2 -rate 0.09
```

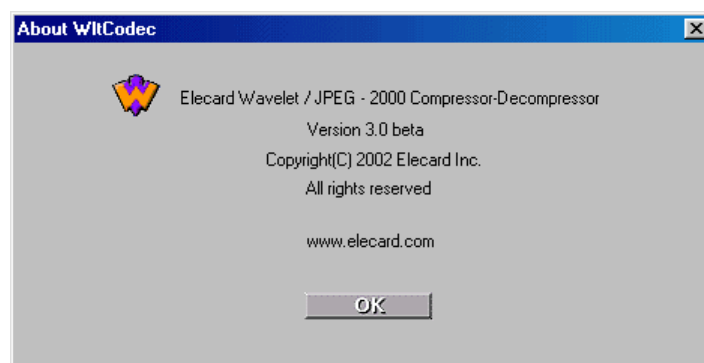
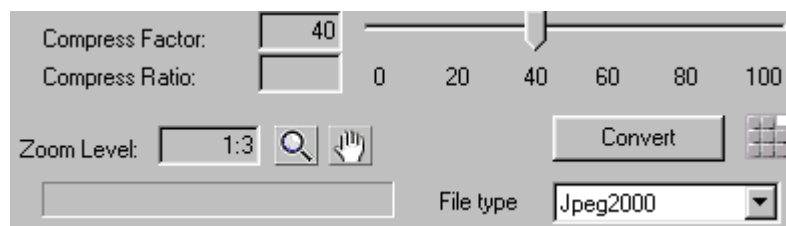
JPEG 2000 Compressor (Anything 3D) 1.00.000

Изменялся параметр 'Quality'.



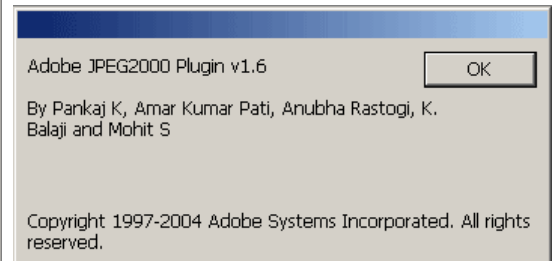
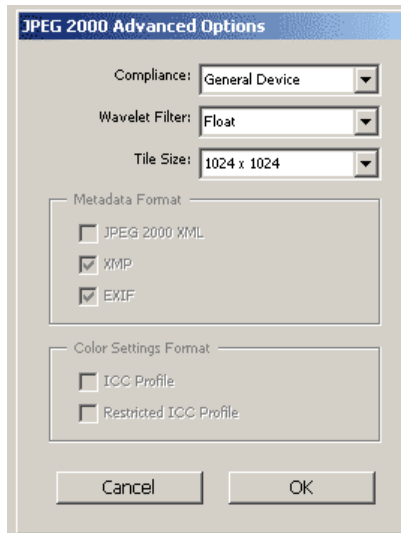
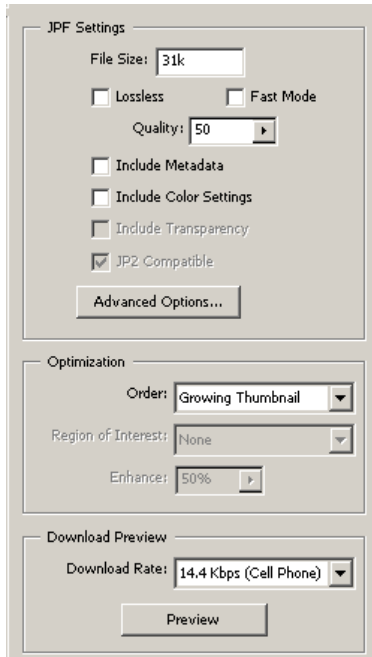
Elecard Wavelet 3.0 Beta

Изменялся параметр 'Compress Factor'.



Photoshop CS2 'native' plugin, ver. 1.6

Для тестирования использовался кодек, входящий в состав Adobe Photoshop CS2, version 9.0. Изменялся параметр 'File Size'.



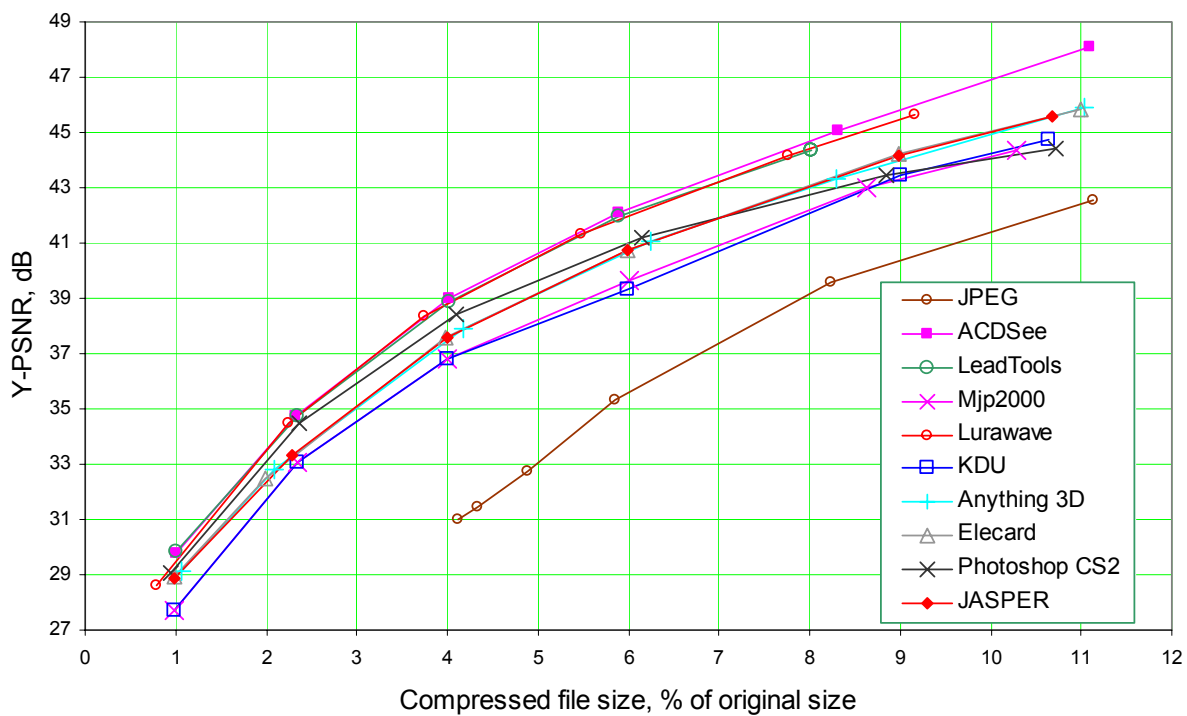
Графики Y-PSNR/Compressed file size, Delta-Y-PSNR/Compressed file size

Эти графики показывают зависимость качества сжатого изображения от сжатия (отношение размера сжатого файла к размеру исходного). Для измерения качества использовалась метрика PSNR.

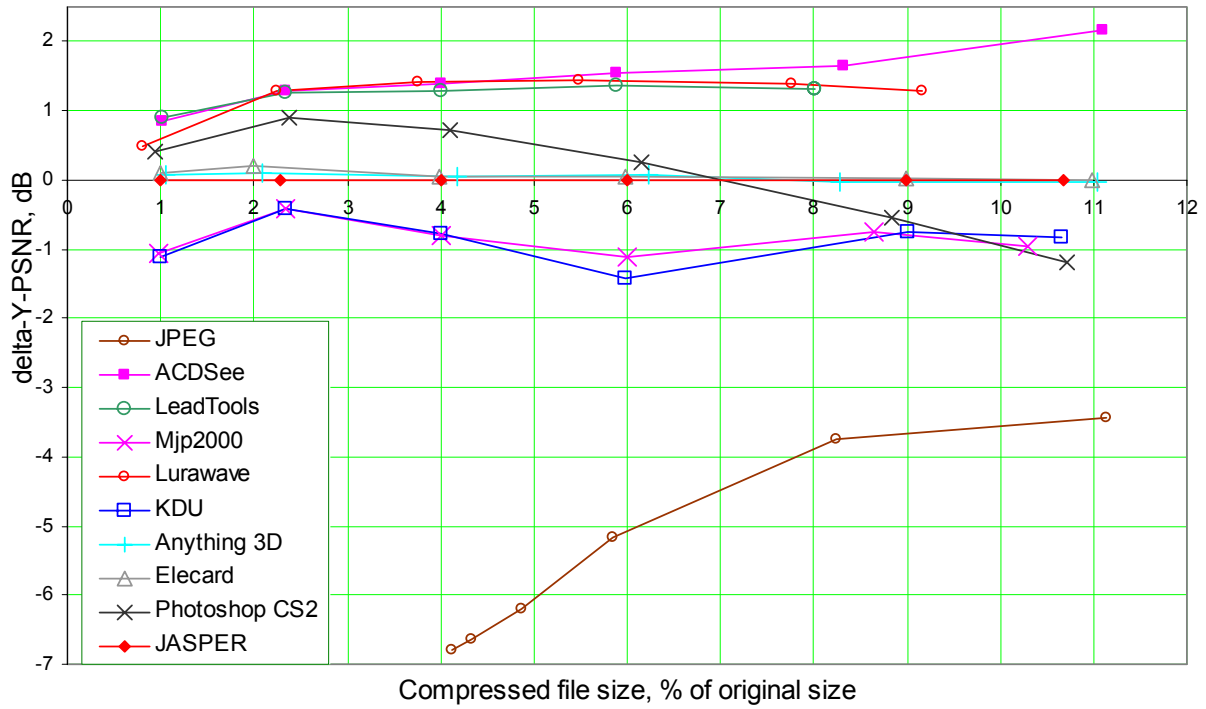
Чем выше находится точка на графике, тем лучше качество сжатого изображения.

Delta-Y-PSNR – это графики относительного PSNR. Кодек **JASPER** включен в стандарт **JPEG 2000** как базовая (референсная) реализация кодека, на графике Delta-Y-PSNR ему соответствует 0. Для каждого замера на графике конкретного кодека бралась разница этого замера и значения PSNR для референсного кодека с тем же коэффициентом сжатия. При отсутствии значения, PSNR референсного кодека получался линейной интерполяцией.

Изображение Barbara



Picture 1. Y-PSNR, Barbara

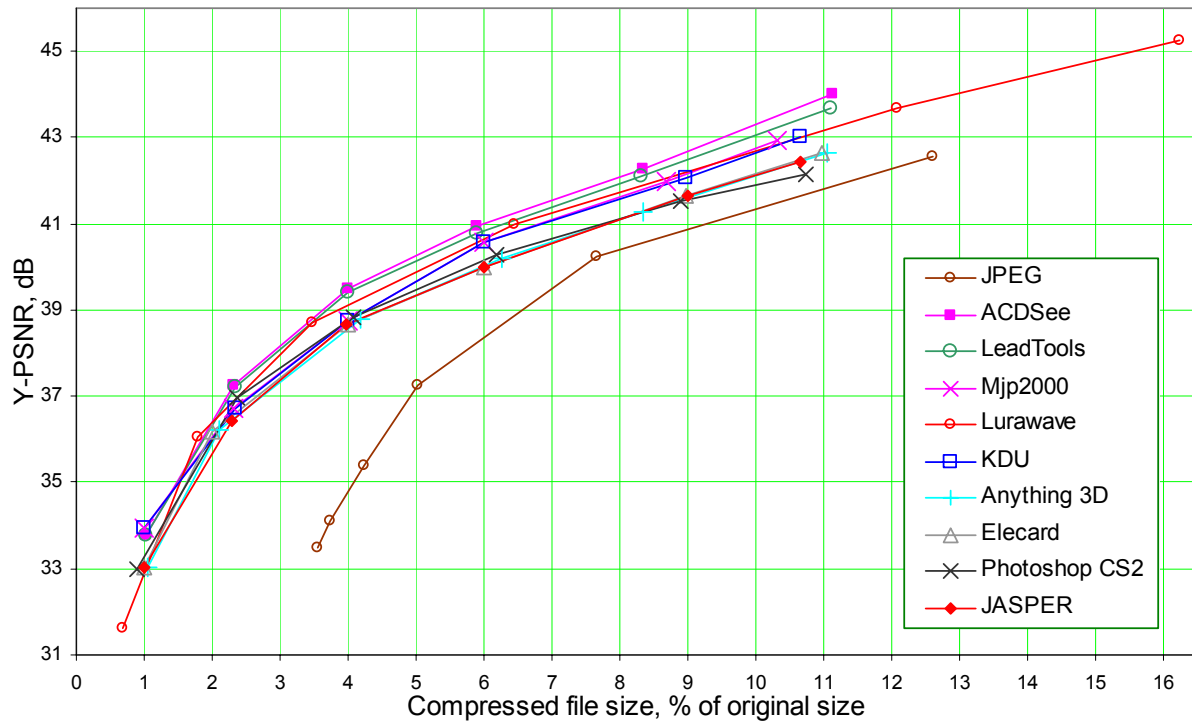


Picture 2. Delta-Y-PSNR, Barbara

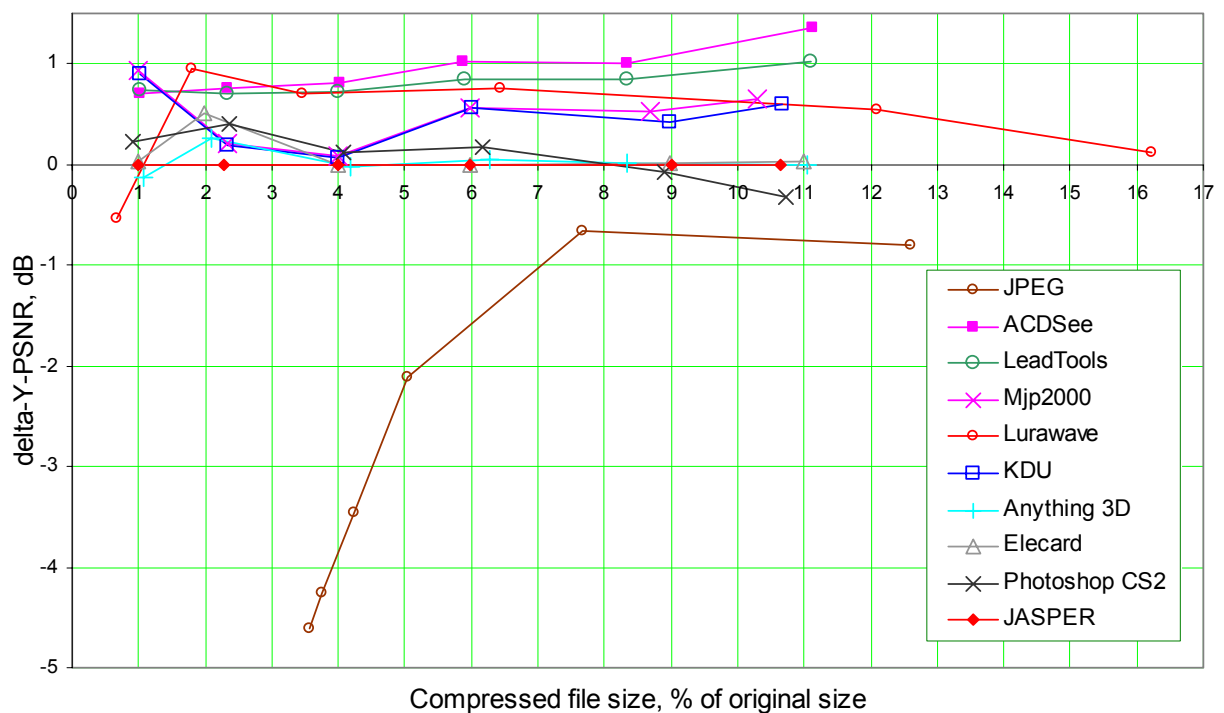
Выводы:

- Как и ожидалось, JPEG сильно уступает всем кодекам стандарта JPEG 2000
- Выделяется «тройка лидеров» - кодек ACDSee, LeadTools, Lurawave. Их результаты очень близки.
- Кодеки от Eleccard и Anything 3D почти неотличимы
- Кодеки Morgan JPEG 2000 toolbox и KDU_compress оказались по PSNR хуже референсного (JASPER)

Изображение Lenna



Picture 3. Y-PSNR, Lenna

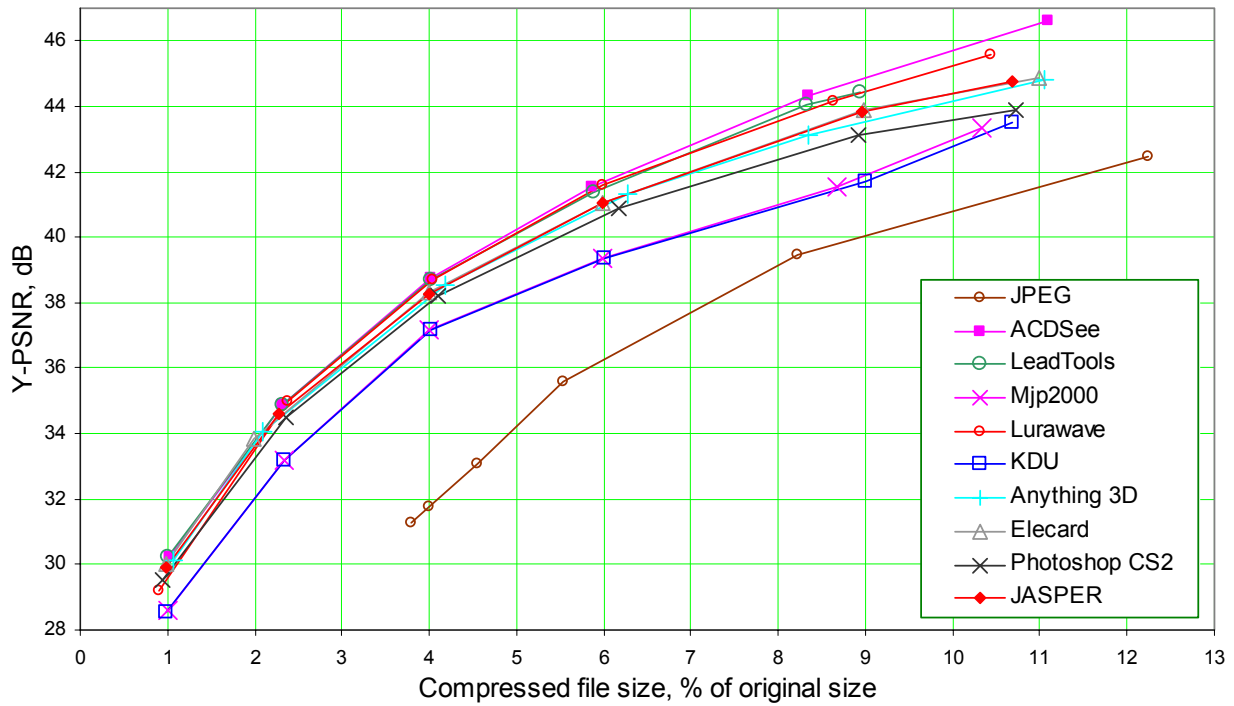


Picture 4. Delta-Y-PSNR, Lenna

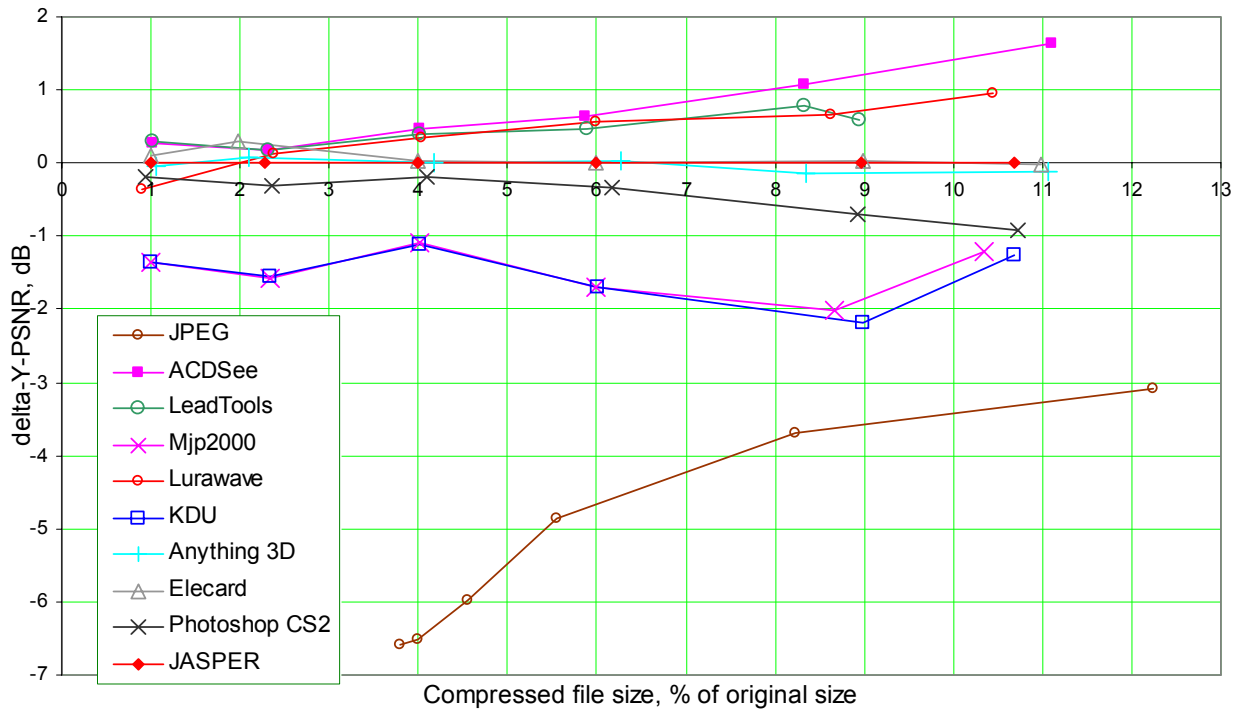
Выводы:

- Большинство кодеков отработало лучше референсного.
- Трудно выделить лидера при сильном сжатии. При слабом сжатии лидирует кодек от ACDSee.

Изображение Lighthouse



Picture 5. Y-PSNR, Lighthouse

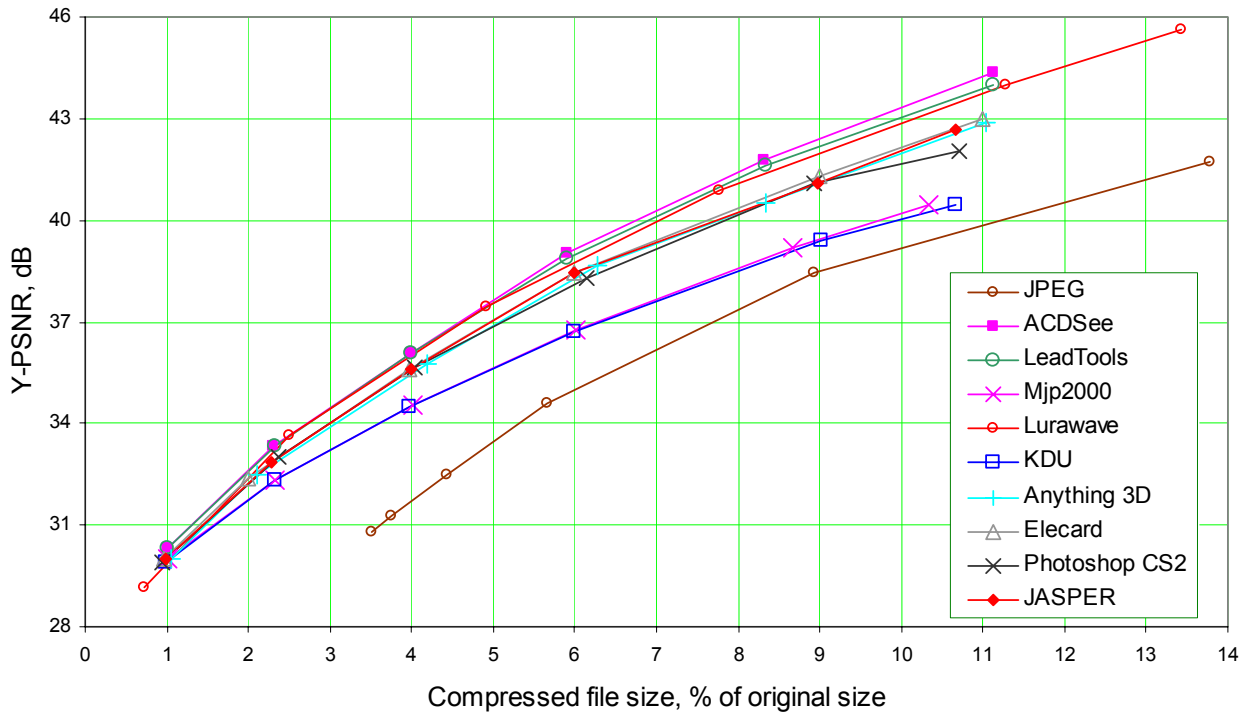


Picture 6. Delta-Y-PSNR, Lighthouse

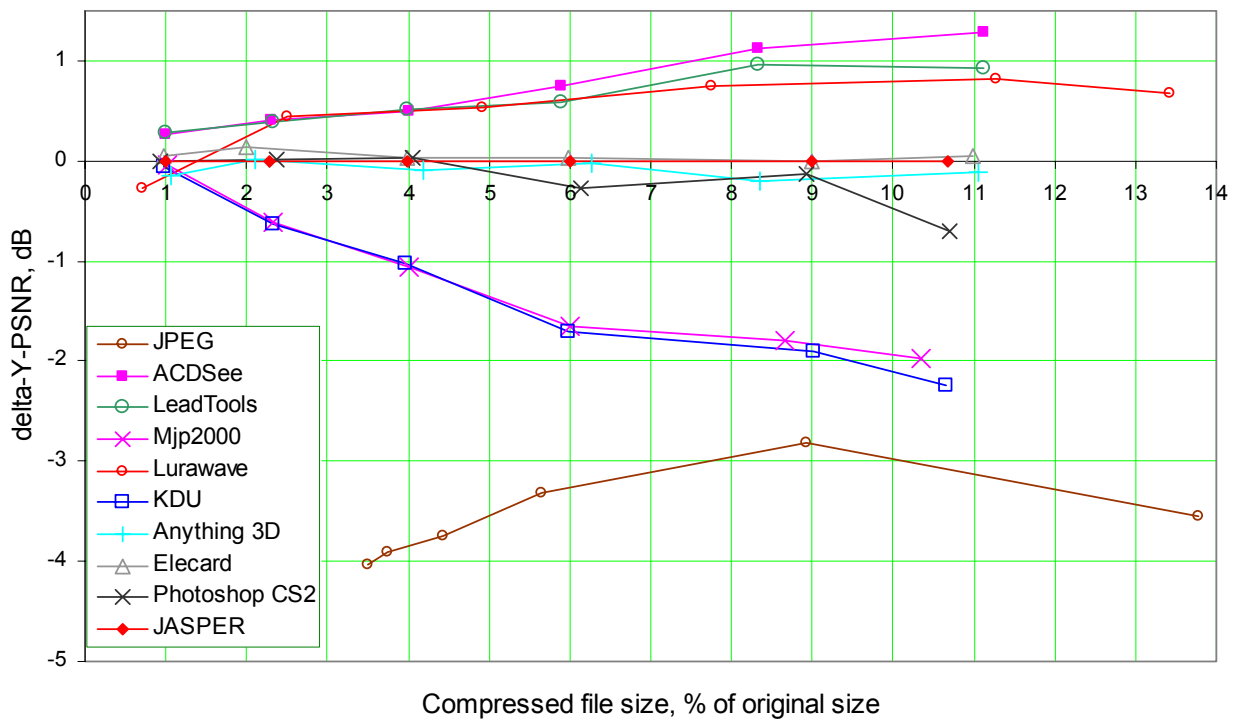
Выводы:

- Сразу три кодека имеют PSNR ниже, чем у референсного

Изображение House



Picture 7. Y-PSNR, House



Picture 8. Delta-Y-PSNR, House

Выводы:

- На этом изображении отставание JPEG от JPEG 2000 меньше, чем на предыдущих - от 1 до 3 dB.
- Четко выделяются две группы кодеков, демонстрирующих похожий PSNR: среднее качество – Elecard, Photoshop, Anything 3D, Jasper; высокое качество – ACDSee, LeadTools и Lurawave.

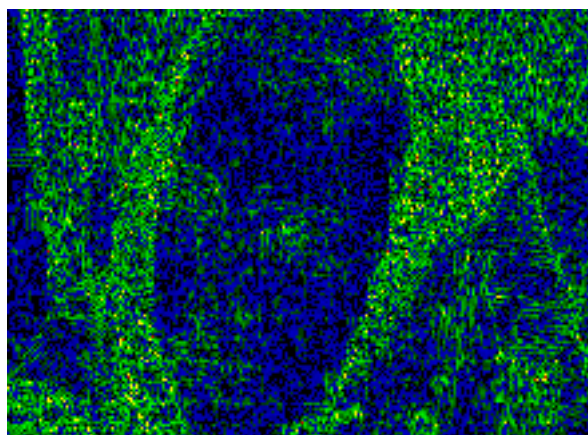
Визуальное сравнение

Сравнение JPEG и JPEG 2000

Разница по Y-PSNR между JPEG и JPEG 2000 кодеками столь высока, что превосходство современного стандарта JPEG 2000 очевидно. Для примера были выбраны изображения, на которых разница значений PSNR метрики максимальна, размер сжатого изображения у JPEG 2000 на 851 байт меньше, чем у JPEG.



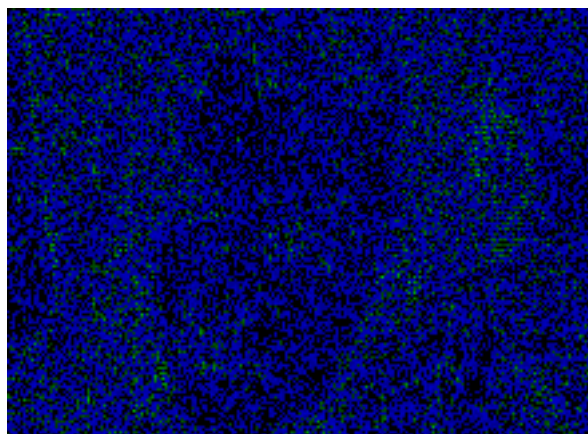
Barbara, JPEG, 31561 bytes



Разница между JPEG и оригиналом



Barbara, JPEG 2000, ACDSee, 32412 bytes



Разница между JPEG 2000 и оригиналом

Сравнение JPEG 2000 кодеков

Разница Y-PSNR между кодеками JPEG 2000 достигает 3 dB и заметна визуально. Многие кодеки по метрике PSNR оказались хуже референсного кодека, включенного в стандарт (JASPER). Вероятно, это связано с тем, что их создатели добивались лучшего визуального качества, а не лучшего значения метрики.

Это фрагмент тестового изображения 'Barbara', сжатие в 50 раз.



Jasper, 17974 bytes



Photoshop CS2, 18669 bytes



ACDSee, 18324 bytes



Lurawave, 17648 bytes



Morgan JPEG 2000, 18368 bytes



KDU_compress, 18402 bytes



Anything 3D, 16492 bytes

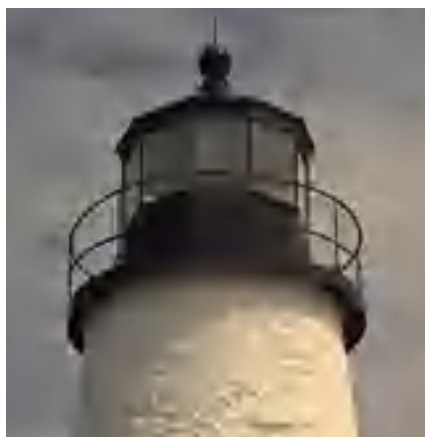


Leadtools, 18387 bytes



Elecard, 15611 bytes

При помощи формата JPEG 2000 можно достичь гораздо большего сжатия, чем при использовании JPEG. Сравним качество кодеков при сжатии в 100 раз (тестовое изображение Lighthouse):



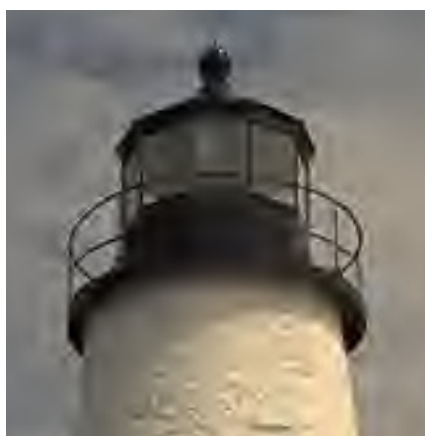
Jasper, 7811 bytes



Photoshop CS2, 7372 bytes



ACDSee, 7989 bytes



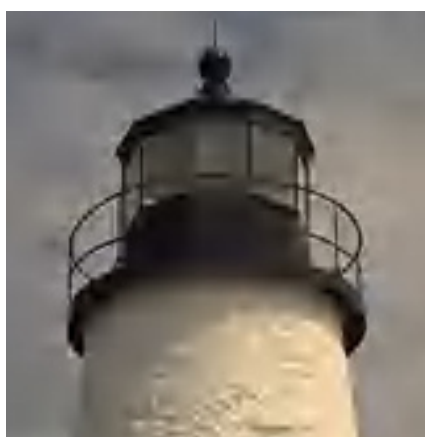
Lurawave, 7016 bytes



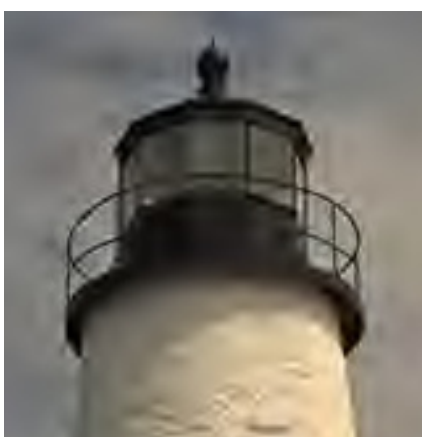
Morgan JPEG2000, 7864 bytes



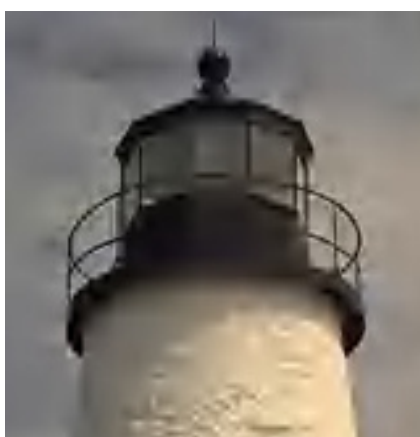
KDU_compress, 7804 bytes



Anything 3D, 8349 bytes



Leadtools, 7942 bytes

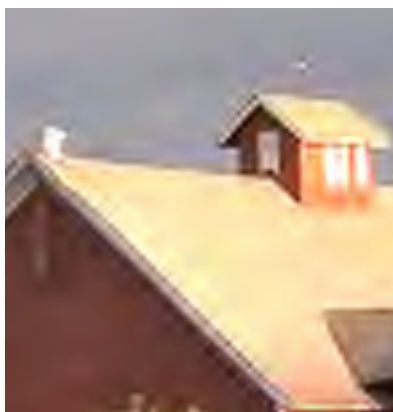


Elecard, 7815 bytes

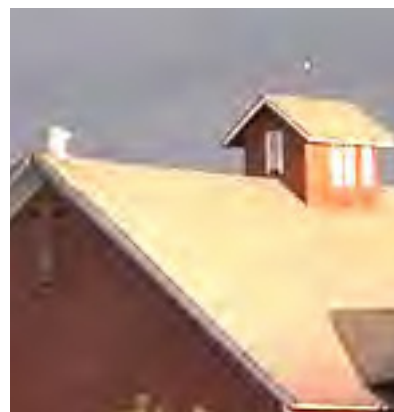
Это фрагмент тестового изображения 'House', сжатие в 100 раз:



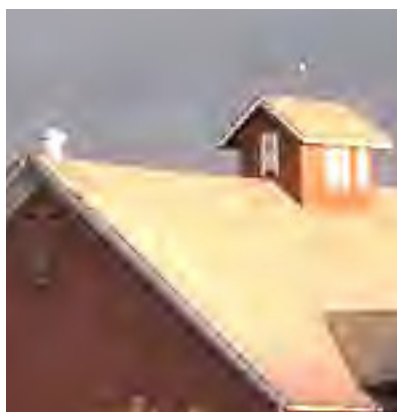
Jasper, 7809 bytes



Photoshop CS2, 7363 bytes



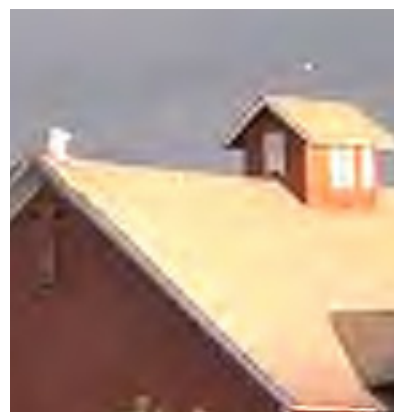
ACDSee, 7925 bytes



Lurawave, 5651 bytes



Morgan JPEG2000, 7938 bytes



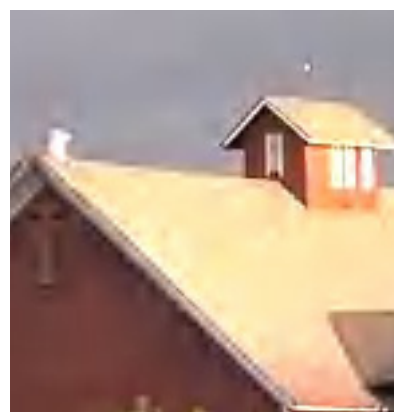
KDU_compress, 7682 bytes



Anything 3D, 8337 bytes

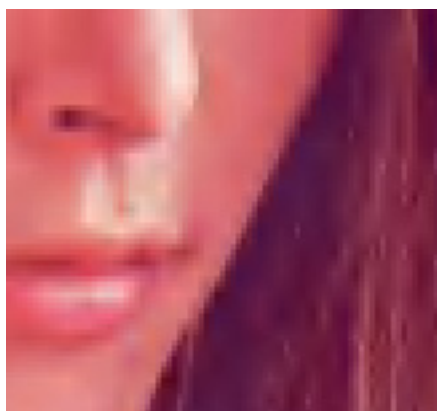


Leadtools, 7919 bytes

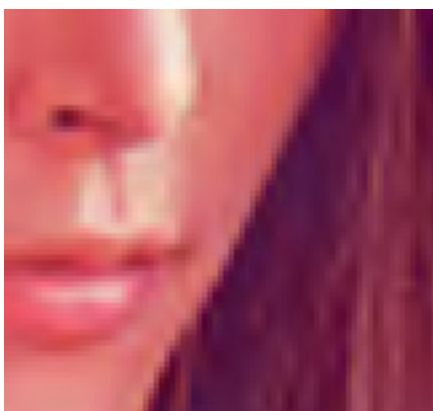


ElecCard, 7664 bytes

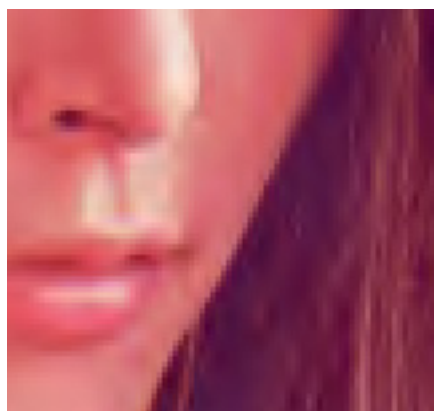
Это фрагмент тестового изображения 'Lenna', сжатие в 50 раз (фрагмент увеличен в два раза).



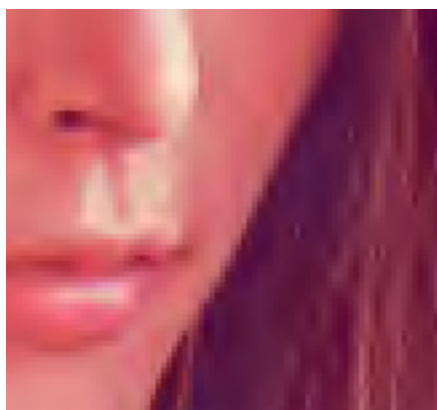
Jasper, 17983 bytes



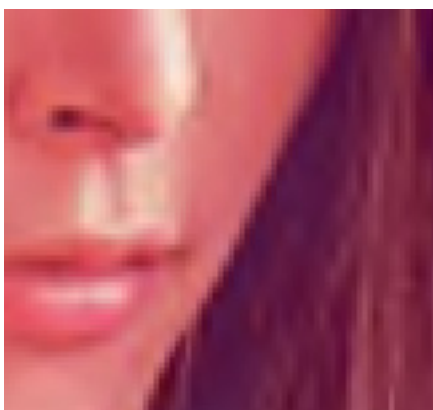
Photoshop CS2, 18642 bytes



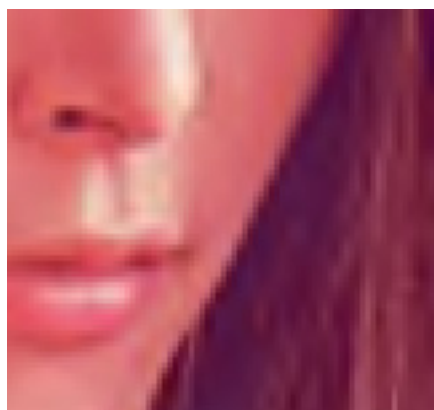
ACDSee, 18291 bytes



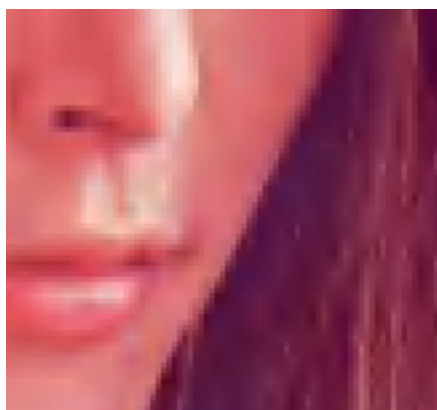
Lurawave, 14038 bytes



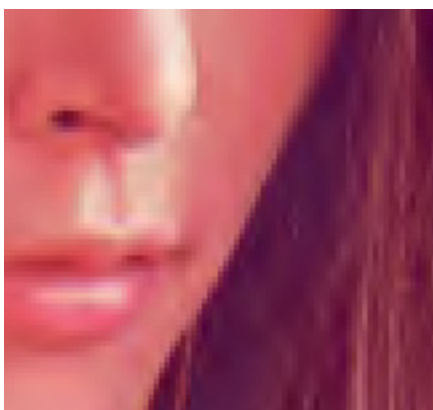
Morgan JPEG2000, 18285 bytes



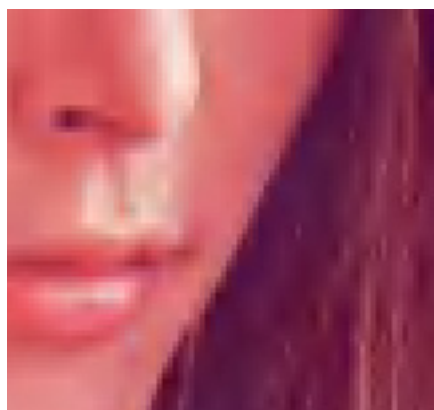
KDU_compress, 18395 bytes



Anything 3D, 16507 bytes



Leadtools, 18403 bytes



Elec card, 15677 bytes

Результаты из визуального сравнения

Как можно видеть, визуальное качество изображения не всегда соответствует значению PSNR. Например, на изображении "Barbara" при сжатии кодеком из Photoshop CS2 почти на всех полосках (брюки, шляпа, платок) появился алиасинг – полосы изменили направление. Несмотря на то, что лицо получилось у кодека Jasper менее качественно, общее впечатление от изображения, сжатого Photoshop CS2, хуже. При этом значение PSNR у кодека Jasper ниже.

По нашему мнению, лучшее визуальное качество на данном тестовом наборе демонстрирует кодек от ACSee, что соответствует результатам PSNR замеров. Следом за ним со схожим качеством идут Leadtools, Lurawave, Elecard и Anything 3D.

Неформальное сравнение кодеков

Как видно по графикам Y-PSNR, кодеки ведут себя по-разному на различных тестовых изображениях и коэффициентах сжатия, поэтому для того, чтобы понять ситуацию на тестовом наборе в целом, мы выставим оценки по результатам замеров на каждой картинке и получим неформальную оценку кодеков.

Правила неформального сравнения

- Сравниваются кодеки JPEG 2000
- Если кодек уверенно обгоняет остальных более чем в одной точке измерений - он получает 4 балла, независимо от остальных результатов.
- Если кодек более чем в одной точке показывает худший результат - он получает один балл, независимо от остальных результатов.
- Если кодек более чем в одной точке обгоняет референсный (JASPER), он получает 3 балла.
- Во всех остальных случаях кодек получает 2 балла.

Результаты неформального сравнения

Кодек	Barbara	Lenna	Lighthouse	House	Сумма	Место
JASPER	2	1	2	2	7	8
ACDSee	4	4	4	4	16	1
Leadtools JPEG 2000 Photoshop plugin	3	3	3	4	13	3
Morgan JPEG 2000 toolbox	2	3	2	2	9	5,6
Lurawave	4	3	3	4	14	2
Kdu_compress	1	3	1	1	6	9
JPEG 2000 Compressor (Anything 3D)	3	1	3	2	9	5,6
Elecard Wavelet	3	2	3	3	11	4
Photoshop CS2 'native' plugin	3	1	2	2	8	7

Общие выводы

- Разные реализации стандарта имеют разное качество сжатия, при этом отличия в качестве сжатых изображений разными кодеками легко заметны на глаз, особенно при сильном сжатии.
- Несмотря на то, что стандарт был принят относительно недавно, многие производители кодеков добились значительного улучшения качества сжатия в JPEG 2000 по сравнению со стандартным кодеком.
- Все кодеки стандарта JPEG 2000 достигают гораздо более высоких коэффициентов сжатия, чем JPEG, при лучшем визуальном качестве. Если его поддержка будет встроена в популярные программы, то в скором времени JPEG 2000 сможет полностью заменить устаревший JPEG.

Благодарности

Авторы выражают признательность за помощь в проверке и подготовке данной статьи Александру Паршину.

About us (Graphics & Media Lab Video Group)



Graphics & Media Lab Video Group is a part of Graphics & Media Lab of Computer Science Department in Moscow State University. The history of Graphics Group began at the end of 1980's. Graphics & Media Lab was officially founded in 1998. Main research directions of the lab lie in different areas of Computer Graphics, Computer Vision and Media Processing (audio, image and video processing). Some of research results were patented, other results were presented in a number of publications.

Main research directions of Graphics & Media Lab Video Group are video processing (pre-, post- and video analysis filters) and video compression (codecs' testing and tuning, quality metrics research, development of codecs).

Our main achievements in **video processing**:

- High quality industrial filters for format conversion including high quality deinterlacing, high quality frame rate conversion, new fast practical super resolution, etc.
- Methods for modern TV-sets: big family of up-sampling methods, smart brightness and contrast control, smart sharpening, etc.
- Artifacts' removal methods: family of denoising methods, flicking removal, video stabilization with frame edges restoration, scratches, spots, drop-outs removal, etc.
- Specific methods like: subtitles removal, construction of panorama image from video, video to high quality photo, video watermarking, video segmentation, practical fast video deblur, etc.

Our main achievements in **video compression**:

- Well-known public comparisons of JPEG, JPEG-2000, MPEG-2 decoders, MPEG-4 and annual H.264 codec's testing; also we provide tests for "weak and strong points of codec X" for companies with bugreports and codec tuning recommendations.
- Our own video quality metrics research, public part is MSU Video Quality Measurement Tool and MSU Perceptual Video Quality Tool.
- We have internal research and contracts on modern video compression and publish our MSU Lossless Video Codec and MSU Screen Capture Video Codec – codecs with ones of the highest compression ratios.

We are really glad to work many years with companies like Intel, Samsung, RealNetworks and others.

A mutual collaboration in areas of video processing and video compression is always interesting for us.

E-mail: video@graphics.cs.msu.ru

MSU Video Quality Measurement Tool

MSU Graphics & Media Lab. Video Group.



Main Features

1. 12 Objective Metric + 5 Plugins

PSNR several versions, MSAD, Delta, MSE, SSIM Fast, SSIM Precise, VQM,	MSU Blurring Metric, MSU Brightness Flicking Metric, MSU Brightness Independent PSNR, MSU Drop Frame Metric, MSU Noise Estimation Metric, MSU Scene Change Detector, MSU Blocking Metric.
--	---

2. More Than 30 Supported Formats, Extended Color Depth Support

*.AVI, *.YUV: YUV, YV12, IYUV, UYVY, Y, YUY2, *.BMP,	*.AVS: *.MOV, *.VOB, *.WMV, *.MP4, *.MPG, *.MKV, *.FLV, etc.,	Extended Color Depth: P010, P014, P016, P210, P214, P216, P410, P414, P416, P410_RGB, P414_RGB, P416_RGB.
--	---	--

3. Multi-core Processors Support

MMX, SSE and OpenMP Optimizations

4. Comparative Analysis

Comparison of 3 files at a time

5. ROI Support

Metric calculation for ROI (Region of Interest)

6. GUI & Batch Processing

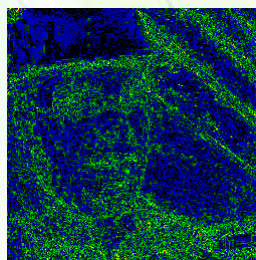
GUI and command line tools

7. Plugins Interface

You can easily develop your own metric

Visualization Examples

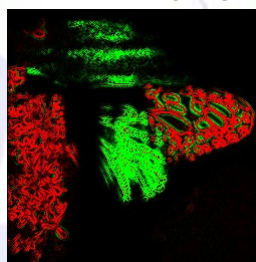
Allows easily detect where codec/filter fails



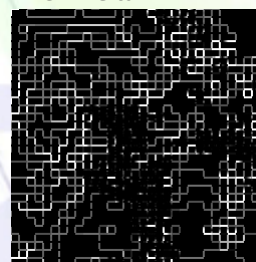
Y-YUV PSNR



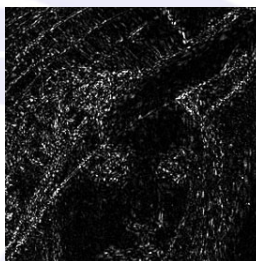
Y-YUV Delta



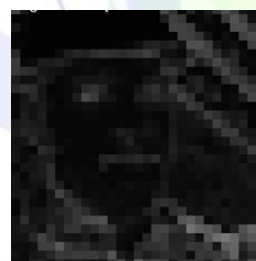
MSU Blurring Metric



MSU Blocking Metric



Y-YUV MSE



VQM

8. Universal Format of Results

Results are saved in *.csv files

9. HDTV Support

10. Open-Source Plugins Available

11. Metric Visualization

Fast problem analysis, see examples above.

http://www.compression.ru/video/quality_measure/index_en.html

Tool was downloaded more than 100 000 times!

Free and Professional versions are available

Big thanks to our contributors:



Apple Inc.

