

Deringing Cartoons

Моисейцев Алексей

*Video Group
CS MSU Graphics & Media Lab*



Содержание

- **Эффект Гиббса и причины возникновения**
- Алгоритмы дерингинга
 - Simple Adaptive Filter
 - Fuzzy Post-Filtering
 - Bilateral Filter
 - Linear Post-Filtering
 - Библиотека Артефактов
- Результаты

Понятие Ringing`а

Причины

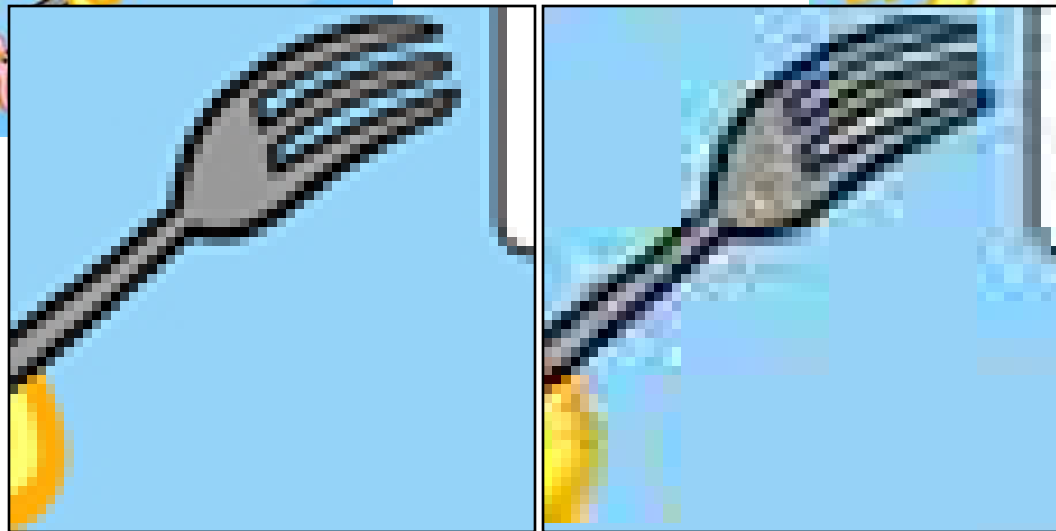
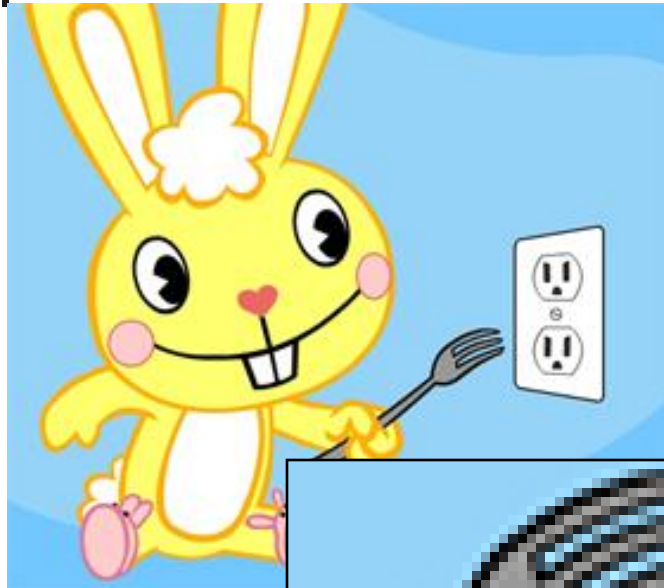


В алгоритмах сжатия, основанных на DCT, в результате квантования происходит потеря информации.

При квантовании низкочастотных коэффициентов появляется эффект блочности, а при квантовании высокочастотных – эффект Гиббса (ringing)

Понятие Ringing`а

Примеры





Зачем?

- Современные кодеки ориентированы на сжатие фотореалистичного видео
- Существует большое количество анимированного видео, сжатого такими кодеками

Понятие Ringing`а

Возможные стратегии дерингинга

- Фильтрация
 - Синтез
 - Векторизация
-
- Дополнительная информация



Содержание

- Эффект Гиббса и причины возникновения
- Алгоритмы дерингинга
 - **Simple Adaptive Filter**
 - Fuzzy Post-Filtering
 - Bilateral Filter
 - Linear Post-Filtering
 - Библиотека Артефактов
- Результаты

Simple Adaptive Filter

Описание алгоритма



- Яркость каждого пикселя сравнивается с соседними
- Если различие не превышает некий порог, происходит усреднение цвета

Simple Adaptive Filter

Реализация

$$\tilde{g}_5 = (\lambda g_5 + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq 5}}^9 \delta_i g_i) / (\lambda + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq 5}}^9 \delta_i)$$

g_1	g_2	g_3
g_4	g_5	g_6
g_7	g_8	g_9

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & \text{if } |g_5 - g_i| < S \\ 0, & \text{else} \end{cases}$$

- δ – Весовая функция
- λ – Сила фильтрации
- S – Порог

Simple Adaptive Filter

Пример работы



Simple Adaptive Filter

Пример работы



Simple Adaptive Filter

Пример работы





Simple Adaptive Filter

- Достоинства

- Высокая скорость работы

- Недостатки

- Не может полностью удалить артефакты
- Не учитывает характер области фильтрации

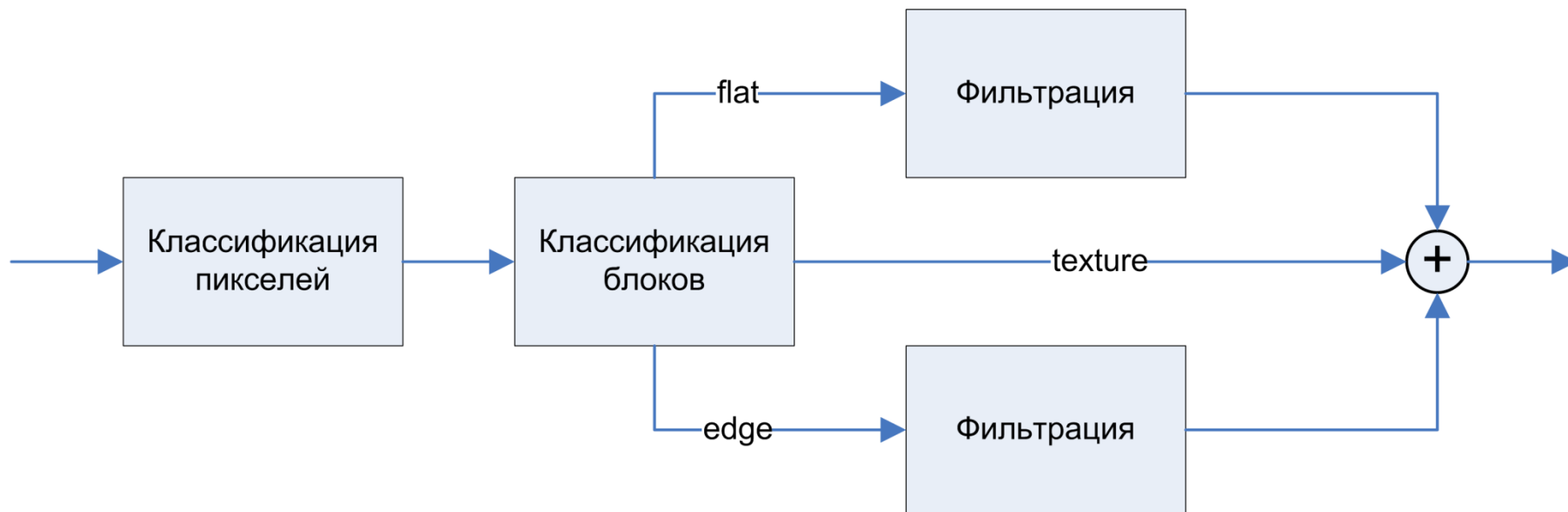


Содержание

- Эффект Гиббса и причины возникновения
- Алгоритмы дерингинга
 - Simple Adaptive Filter
 - **Fuzzy Post-Filtering**
 - Bilateral Filter
 - Linear Post-Filtering
 - Библиотека Артефактов
- Результаты

Fuzzy Post Filtering

Схема алгоритма



Fuzzy Post-Filtering

Классификация блоков

- Для каждого пикселя определяется его класс

$$pixel(x, y) = \begin{cases} flat & \text{if } \sigma^2(x, y) \leq flatThreshold \\ edge & \text{if } \sigma^2(x, y) > edgeThreshold \\ texture & \text{else} \end{cases}$$

где $\sigma^2(x, y)$ - дисперсия пикселя с центром в (x, y)

Fuzzy Post-Filtering

Классификация блоков



Fuzzy Post Filtering

Фильтрация блоков

- Класс блока определяется как максимальный класс принадлежащего ему пикселя ($\text{flat} < \text{texture} < \text{edge}$)
- Фильтруются только flat- и edge-блоки
- Фильтрация flat-блоков необходима для удаления шумов на сплошных участках
- Фильтрация edge-блоков исправляет ошибки квантования

Fuzzy Post Filtering

Фильтрация

- Используется фильтр 5x5

$$\tilde{x}_c = \frac{\sum_{j=1}^N x_j \mu(x_c, x_j)}{\sum_{j=1}^N \mu(x_c, x_j)}$$

$$\mu(a, b) = e^{-(a-b)^2 / 2\xi^2}$$

ξ^2 – сила фильтра,

зависит от типа блока

\tilde{x}_c – *новое значение пикселя*

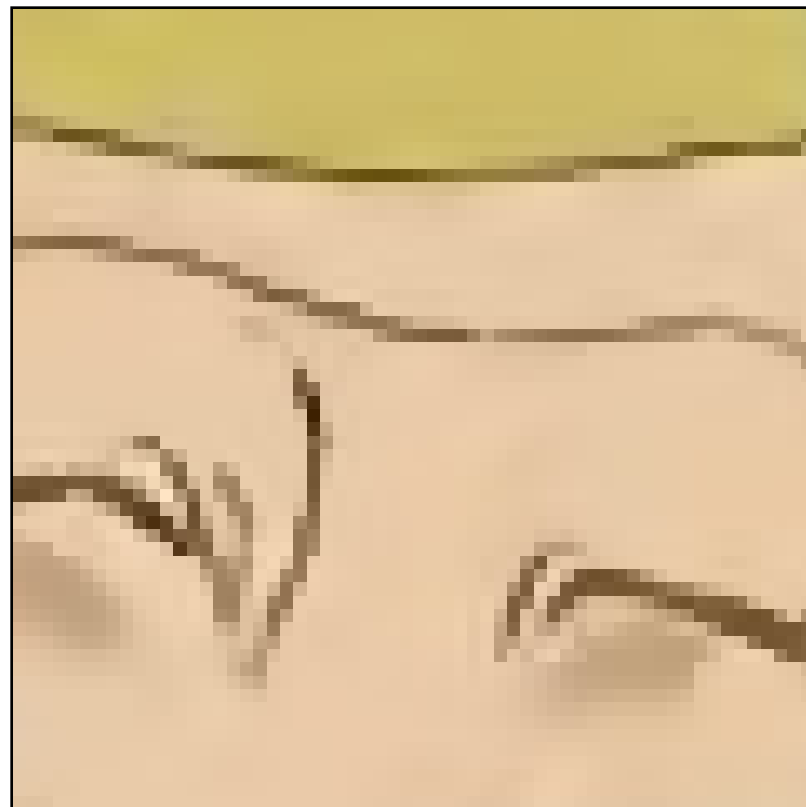
Fuzzy Post Filtering

Пример работы



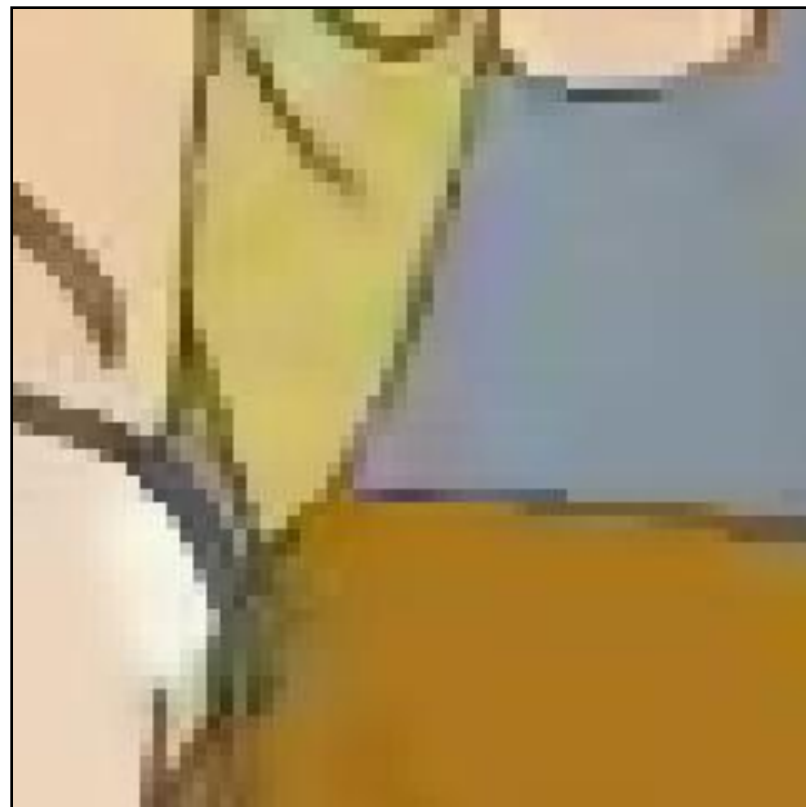
Fuzzy Post Filtering

Пример работы



Fuzzy Post Filtering

Пример работы

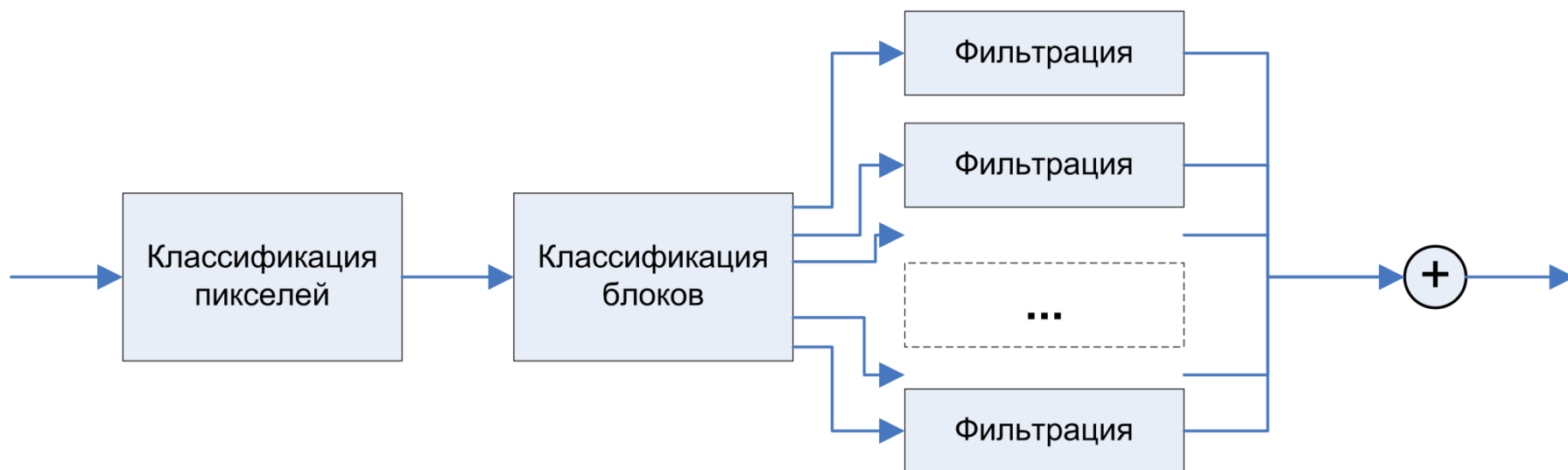


Fuzzy Post Filtering

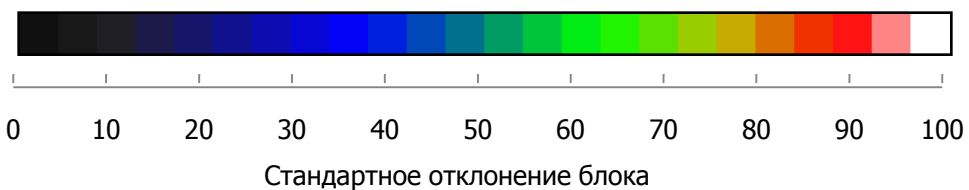
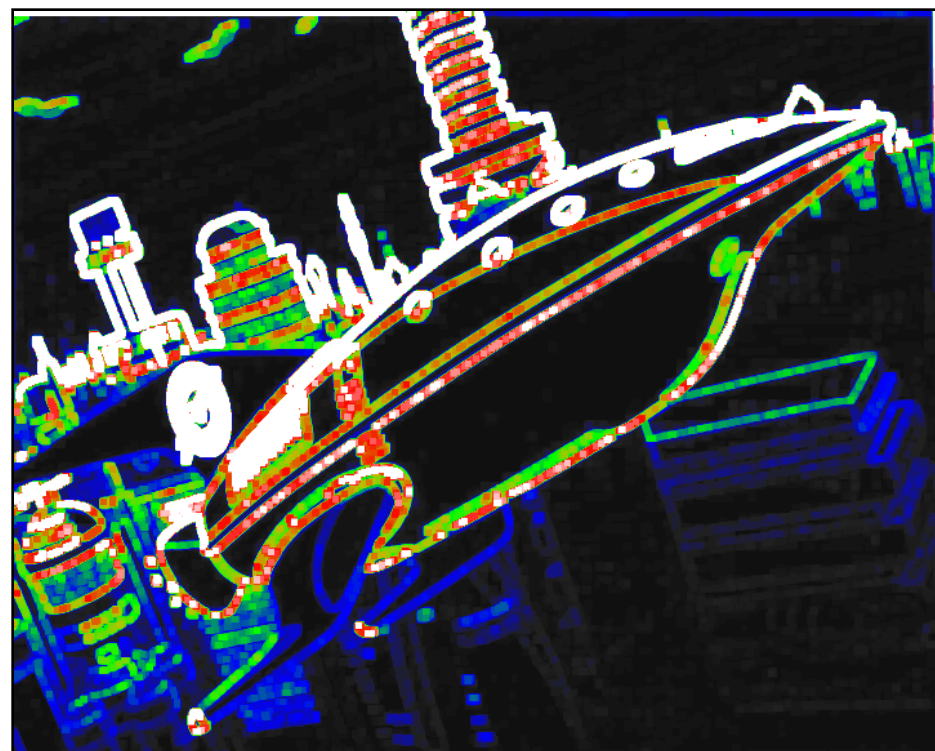
- Достоинства
 - Высокая скорость работы
 - Исправляет многие артефакты
- Недостатки
 - Может размывать картину
 - Необходим точный подбор параметров

Fuzzy Adaptive Filter

- Непрерывная зависимость силы фильтрации от дисперсии блока

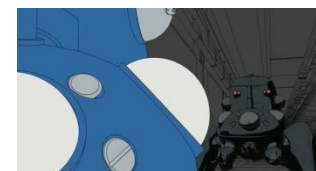
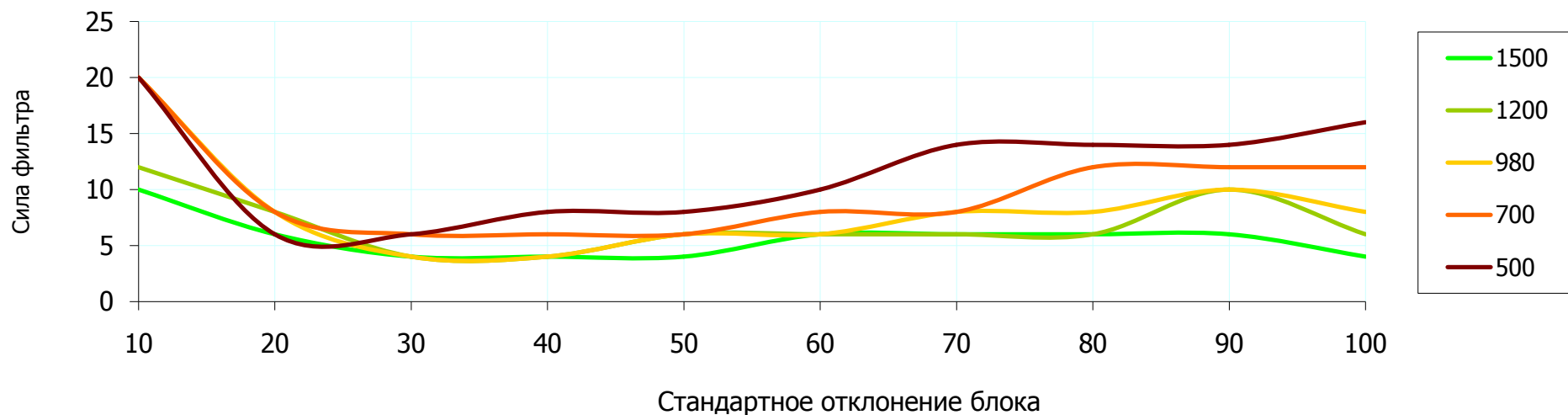


Fuzzy Adaptive Filter



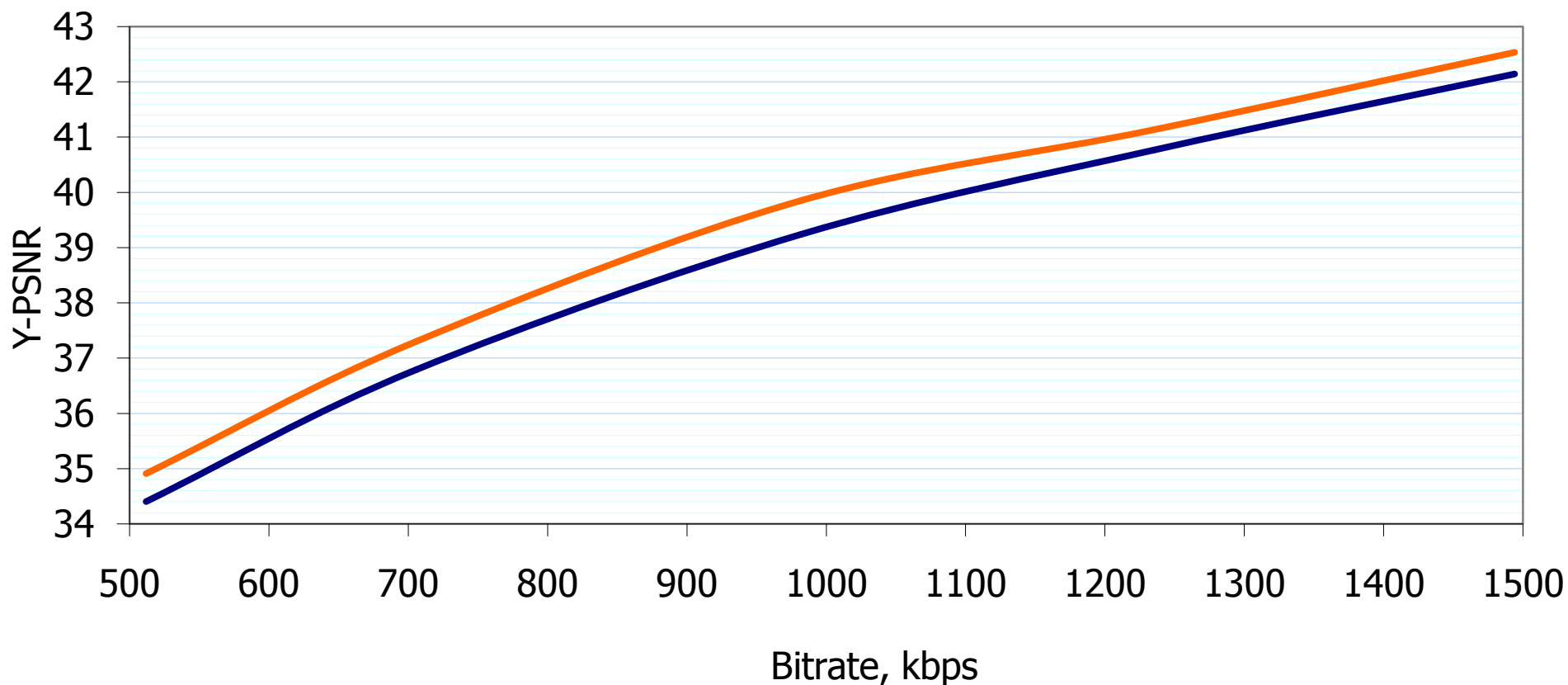
Fuzzy Adaptive Filter

Зависимость силы фильтрации от дисперсии блока при наилучшем качестве (PSNR)



Fuzzy Adaptive Filter

— Сжатое видео — Обработанное видео





Fuzzy Adaptive Filter

- Достоинства
 - Высокая скорость работы
 - Учитывается характер блока
- Недостатки
 - Необходим точный подбор параметров



Содержание

- Эффект Гиббса и причины возникновения
- Алгоритмы дерингинга
 - Simple Adaptive Filter
 - Fuzzy Post-Filtering
 - **Bilateral Filter**
 - Linear Post-Filtering
 - Библиотека Артефактов
- Результаты



Bilateral Filter

- **Идея:**
 - Использовать фильтр, аналогичный Fuzzy Post Filtering
 - Учитывать не только фотометрическое расстояние, но и геометрическое между пикселями

Bilateral Filter

- Геометрическая составляющая:

$$h(x) = k_d^{-1}(x) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(\xi) c(\xi, x) d\xi, \quad k_d(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} c(\xi, x) d\xi$$

- Фотометрическая составляющая:

$$h(x) = k_r^{-1}(x) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(\xi) s(f(\xi), f(x)) d\xi$$

$$k_r(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} s(f(\xi), f(x)) d\xi$$

f – исходное изображение

$c(\xi, x)$ – геометрическое близость точек ξ и x

$s(f(\xi), f(x))$ – фотометрическая близость точек ξ и x

Bilateral Filter

$$h(x) = k^{-1}(x) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(\xi) c(\xi, x) s(f(\xi), f(x)) d\xi$$

$$c(\xi, x) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\|\xi - x\|}{\sigma_d} \right)^2}$$

$$s(\xi, x) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\|f(\xi) - f(x)\|}{\sigma_r} \right)^2}$$

Bilateral Filter

$\sigma_d = 1$



$\sigma_d = 3$



$\sigma_d = 10$



$\sigma_r = 10$

$\sigma_r = 30$

$\sigma_r = 100$

$\sigma_r = 300$



Multipass Bilateral Filter

Несколько проходов фильтра приводят к “картунизации” изображения



исходное изображение

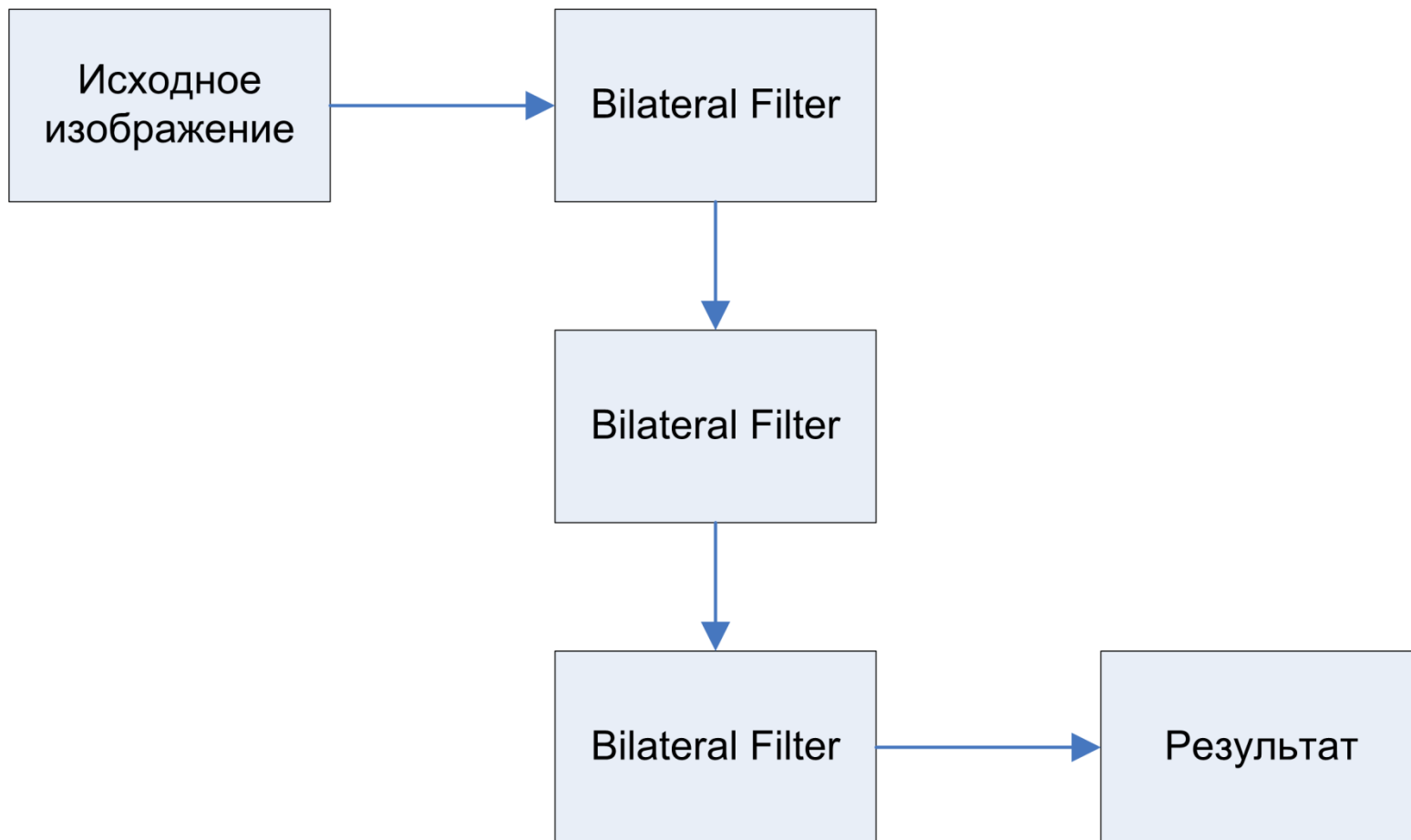


одна итерация



пять итераций

Multipass Bilateral Filter



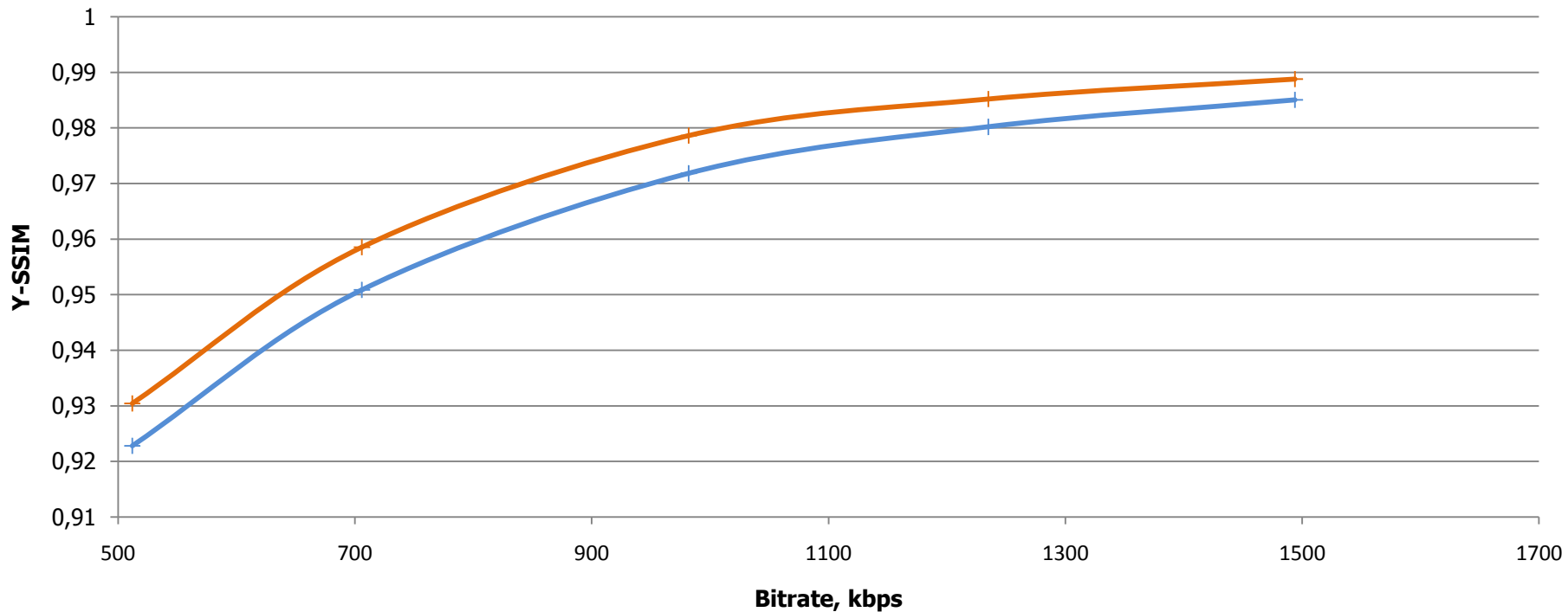
Multipass Bilateral Filter

Результаты



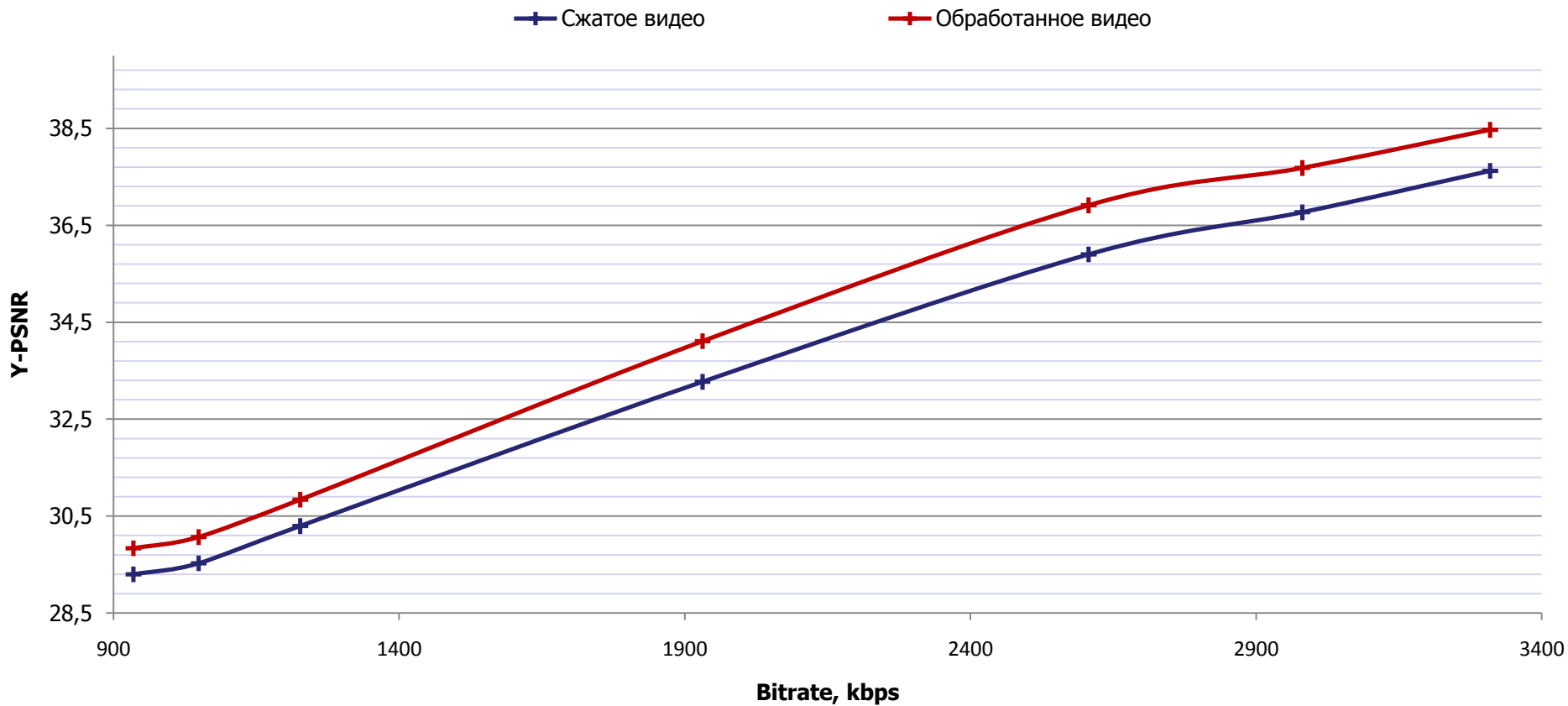
Зависимость Y-SSIM от битрейта

— Сжатое видео — Обработанное видео



Multipass Bilateral Filter

Результаты



Multipass Bilateral Filter

Пример работы



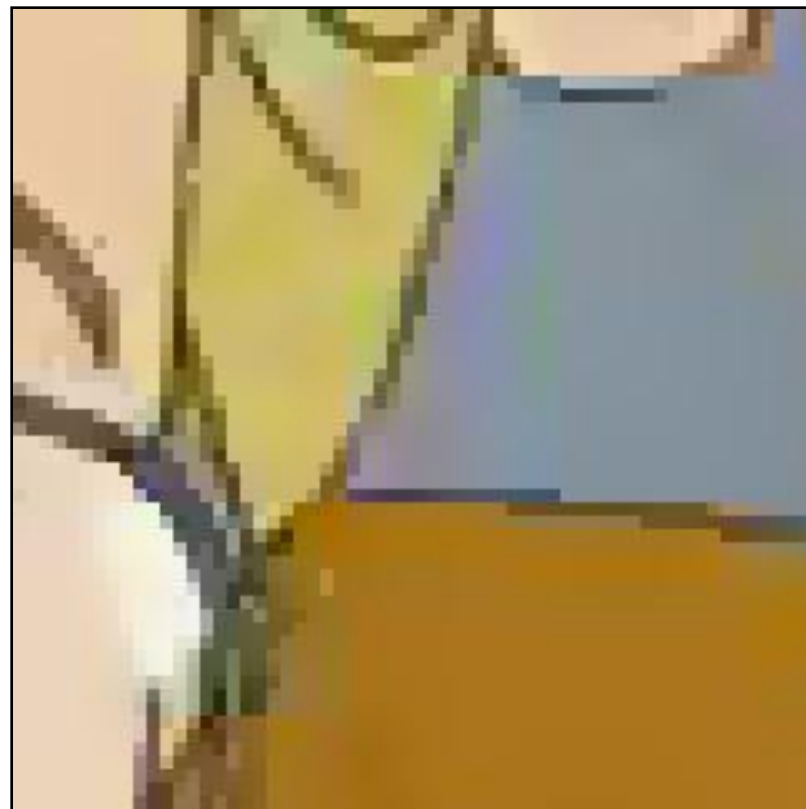
Multipass Bilateral Filter

Пример работы



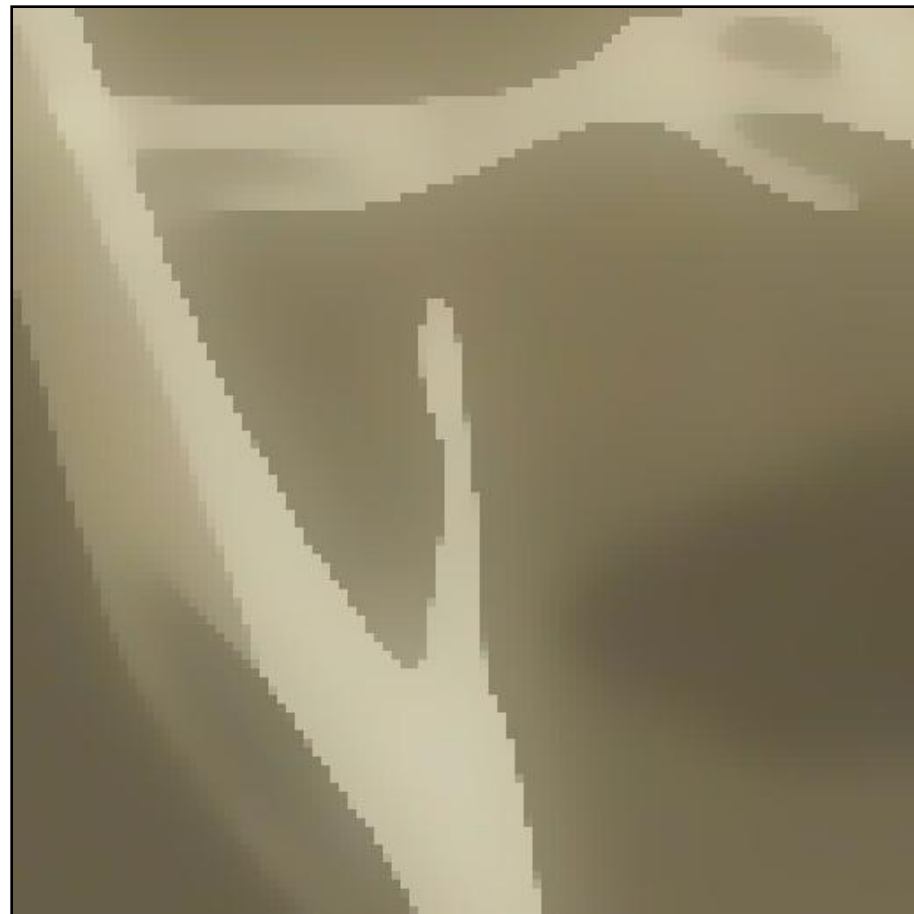
Multipass Bilateral Filter

Пример работы



Multipass Bilateral Filter

Пример работы

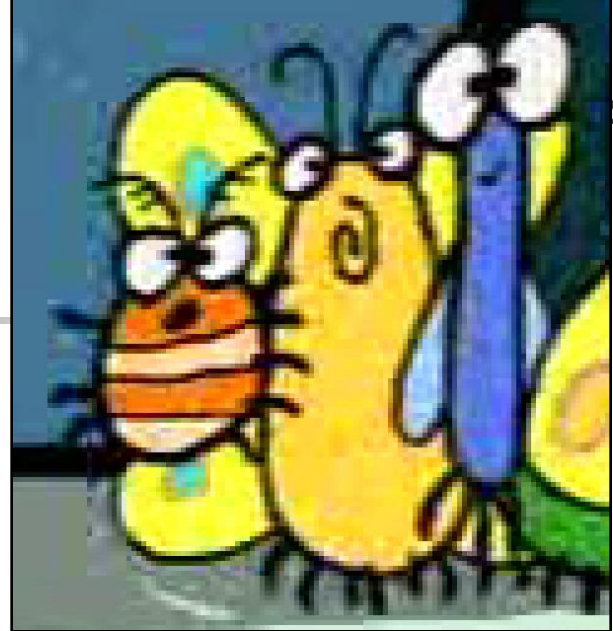




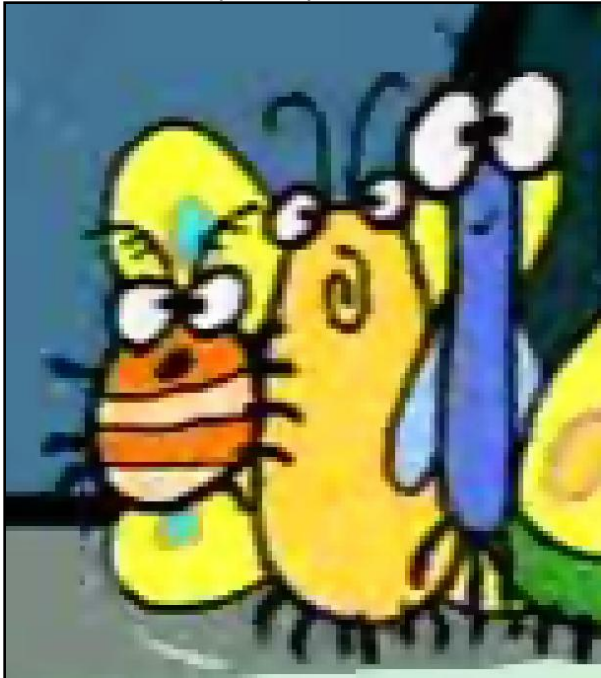
Multipass Bilateral Filter

- Достоинства
 - Хорошее качество
- Недостатки
 - Эффект алиасинга
 - Закрашивает текстуры
 - Довольно медленный

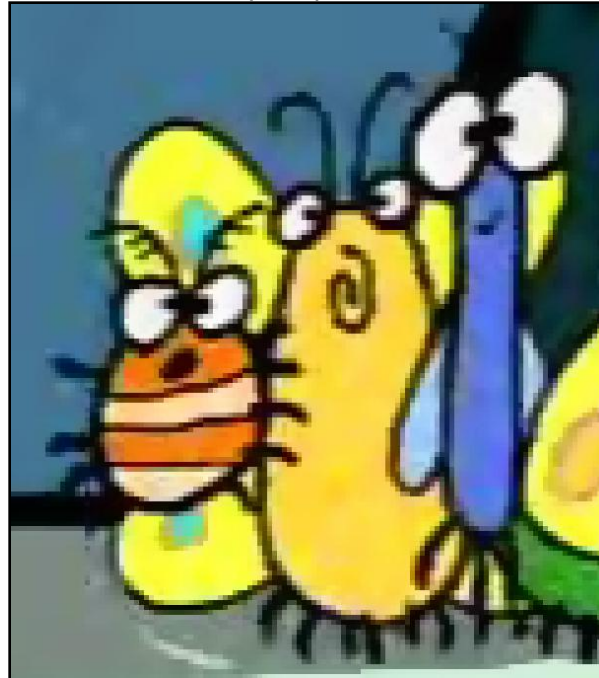
Сравнение Фильтров



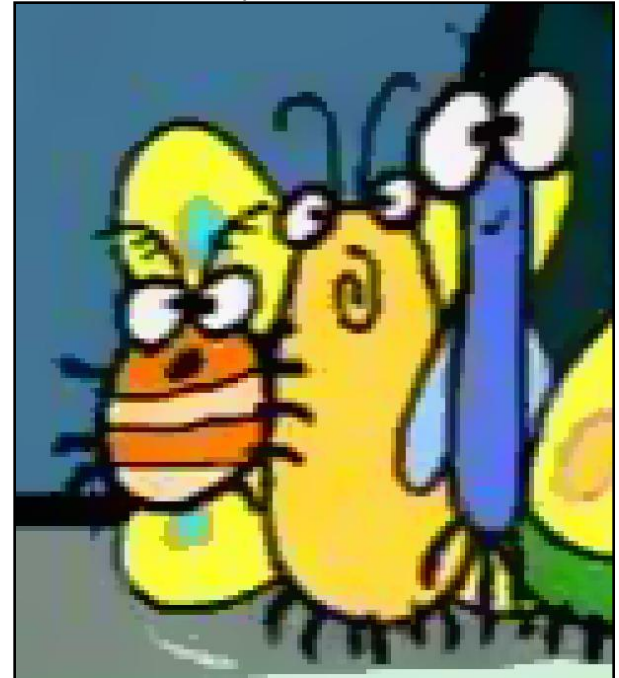
Simple Adaptive Filter



Fuzzy Adaptive Filter



Multipass Bilateral Filter



Сравнение Фильтров



Simple Adaptive Filter



Fuzzy Adaptive Filter



Multipass Bilateral Filter



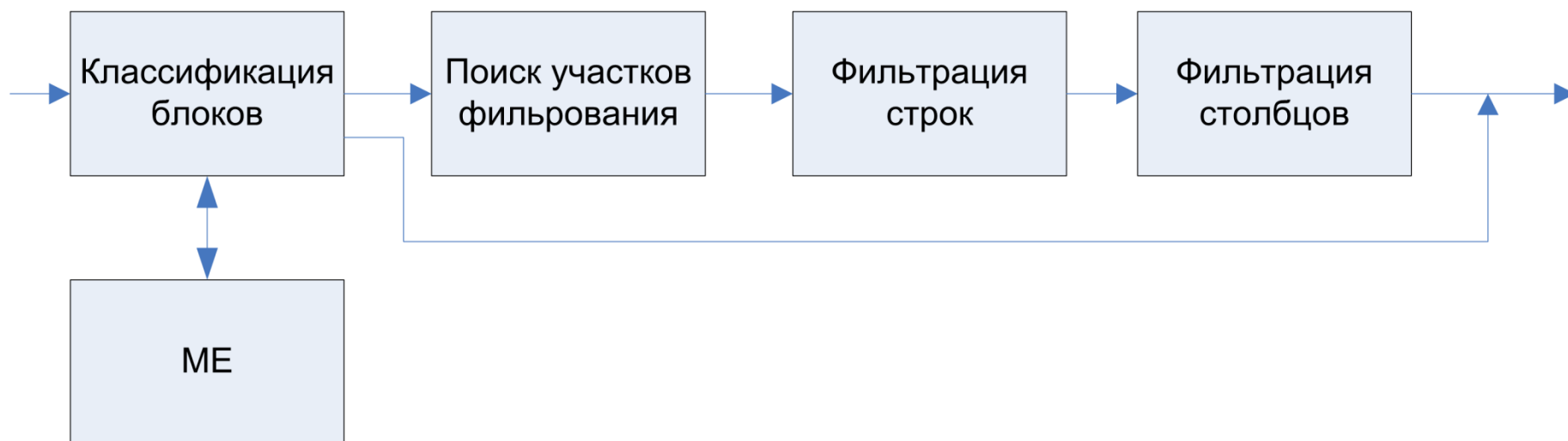
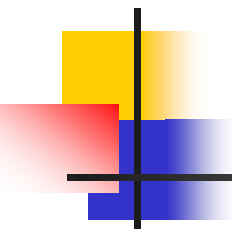


Содержание

- Эффект Гиббса и причины возникновения
- Алгоритмы дерингинга
 - Simple Adaptive Filter
 - Fuzzy Post-Filtering
 - Bilateral Filter
 - **Linear Post-Filtering**
 - Библиотека Артефактов
- Результаты

Linear Post-Filtering

Схема алгоритма



Linear Post-Filtering

Классификация блоков

- Intra-блоки

$$S = \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 |F_{u,v}| \quad (u,v) \neq (0,0)$$

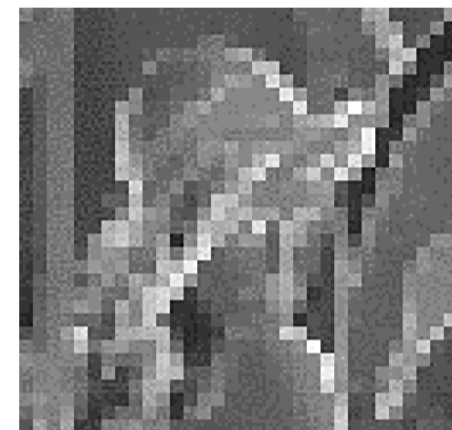
If ($S < \text{Threshold}$)

Block \leftarrow Smooth

else

Block \leftarrow Complex

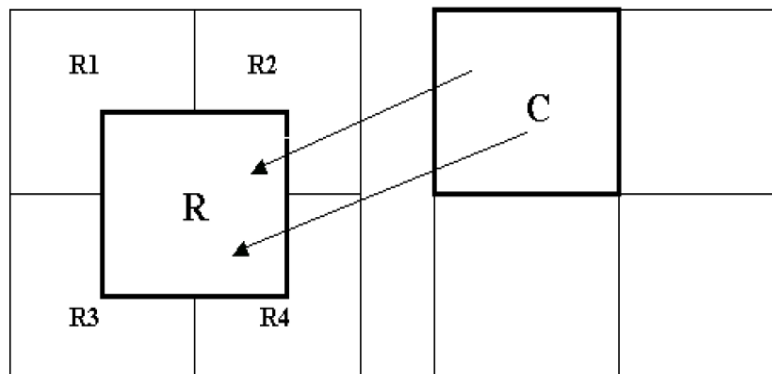
$F_{u,v}$ - коэффициенты BDCT



Linear Post-Filtering

Классификация блоков

- Inter-блоки



If (R1, R2, R3 or R4 is Complex)

C ← Complex

else

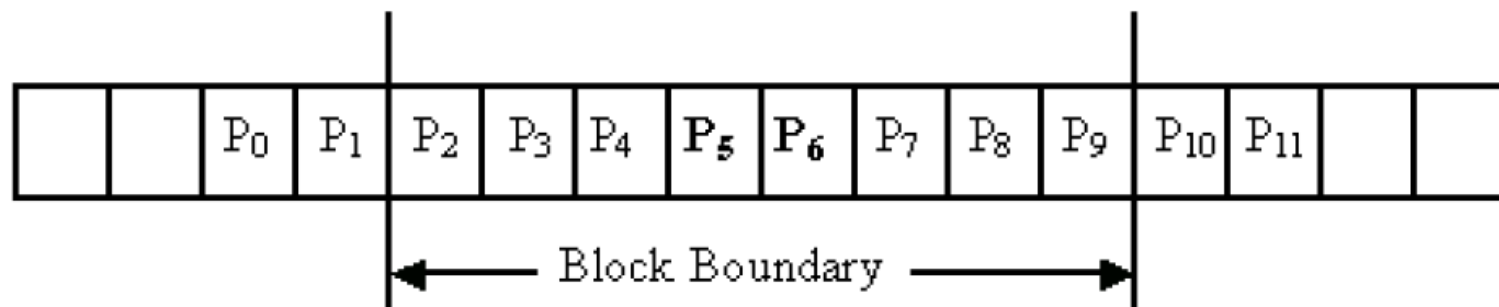
C ← Smooth

Linear Post-Filtering

Классификация блоков

- Только Complex блоки подлежат фильтрации
- Smooth блоки копируются без изменений

Linear Post-Filtering



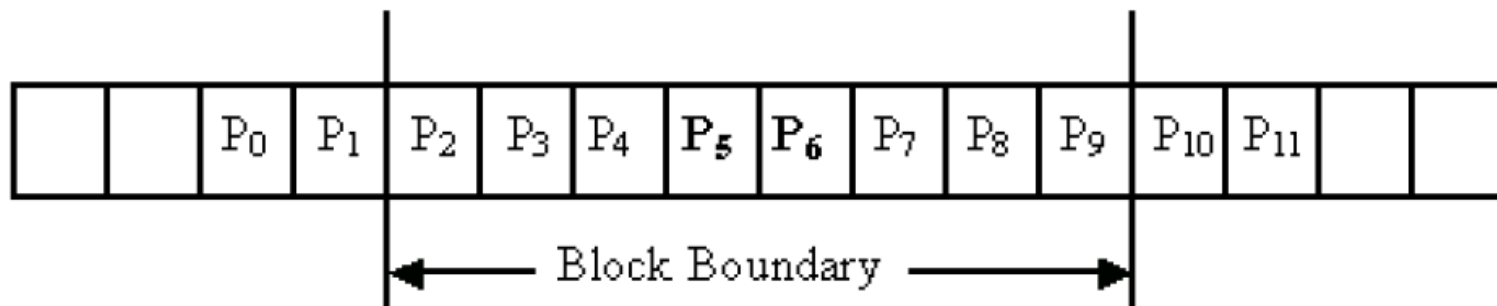
$$\text{if}(| P_{i+1} - P_i | \geq QP)$$

$$P_{i+1}, P_i \leftarrow \textit{edge pixels}$$

Если найдены граничные пиксели, то они копируются без фильтрации.

QP – коэффициент квантования

Linear Post-Filtering



if($| P_1 - P_2 | < (0.5QP)$ && P_1 lies in a smooth block)

$$P_2' = (P_0 + P_1 + 2P_2) / 4$$

$$P_3' = (P_1 + P_2' + 2P_3) / 4$$

$$P_4' = (P_2' + P_3' + 2P_4) / 4$$

$$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

else

$$P_3' = (P_2 + 2P_3 + P_4) / 4$$

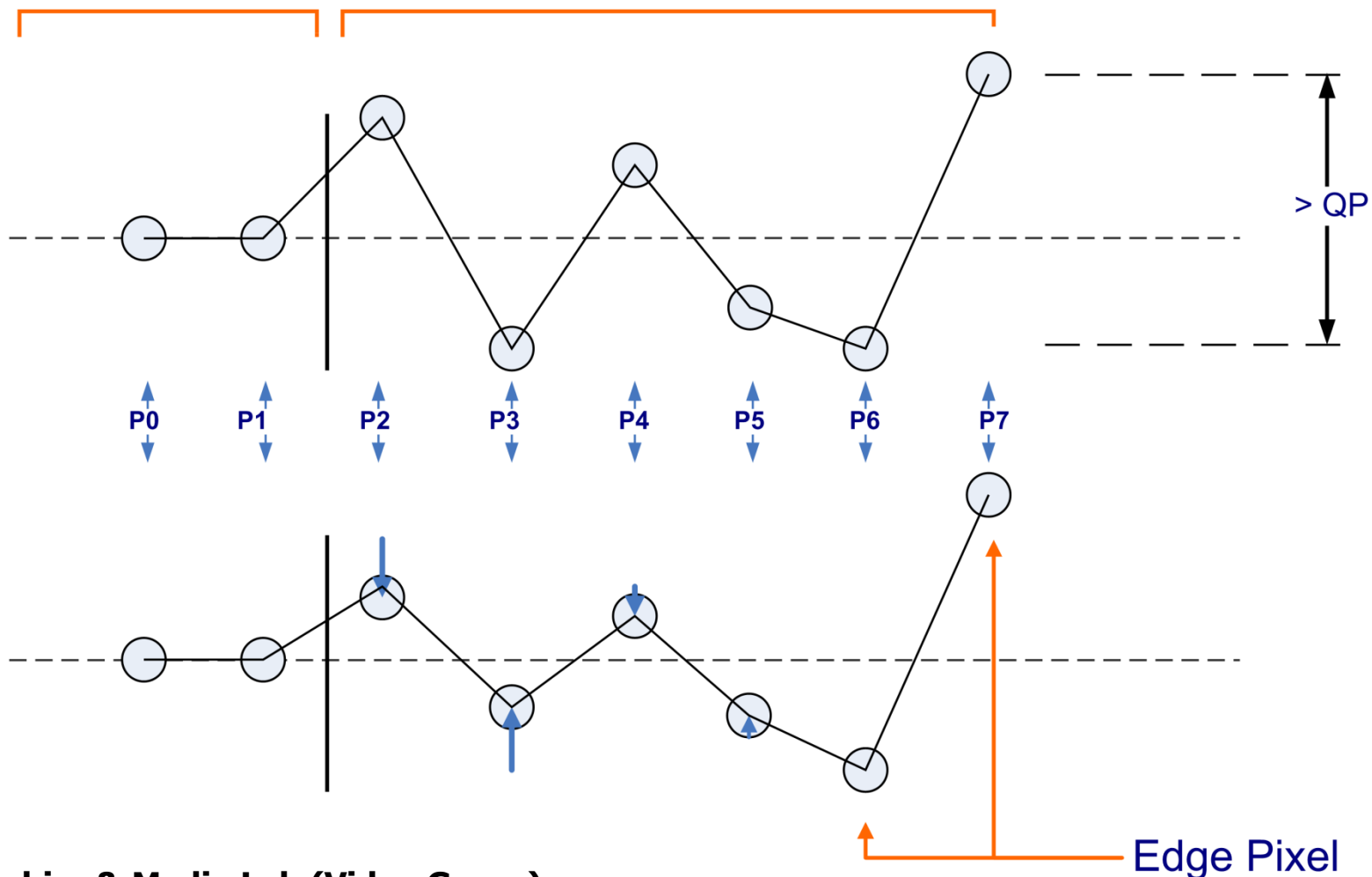
$$P_4' = (P_3' + 2P_4 + P_5) / 4$$

$$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

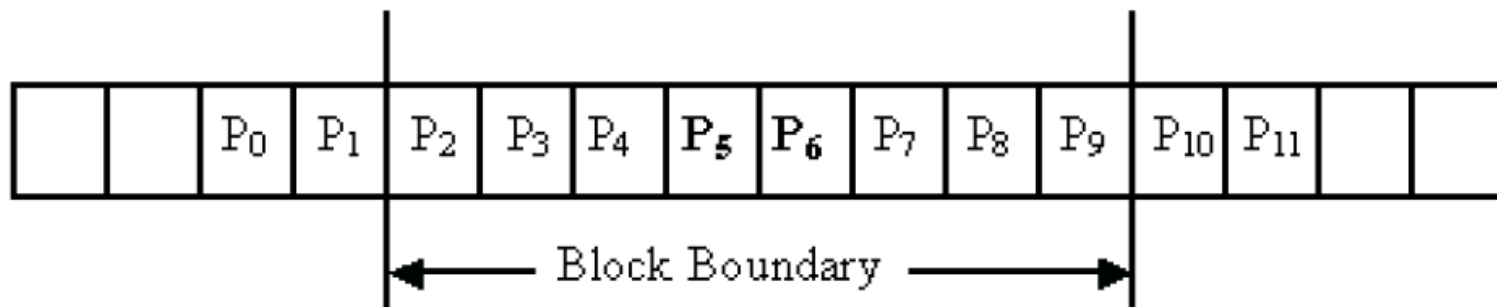
Linear Post-Filtering

Smooth Block

Complex Block



Linear Post-Filtering



- Если не найдено ни одного граничного пикселя

$$d = (P_1 - P_2)$$

$$\text{if } (| d | < 2QP)$$

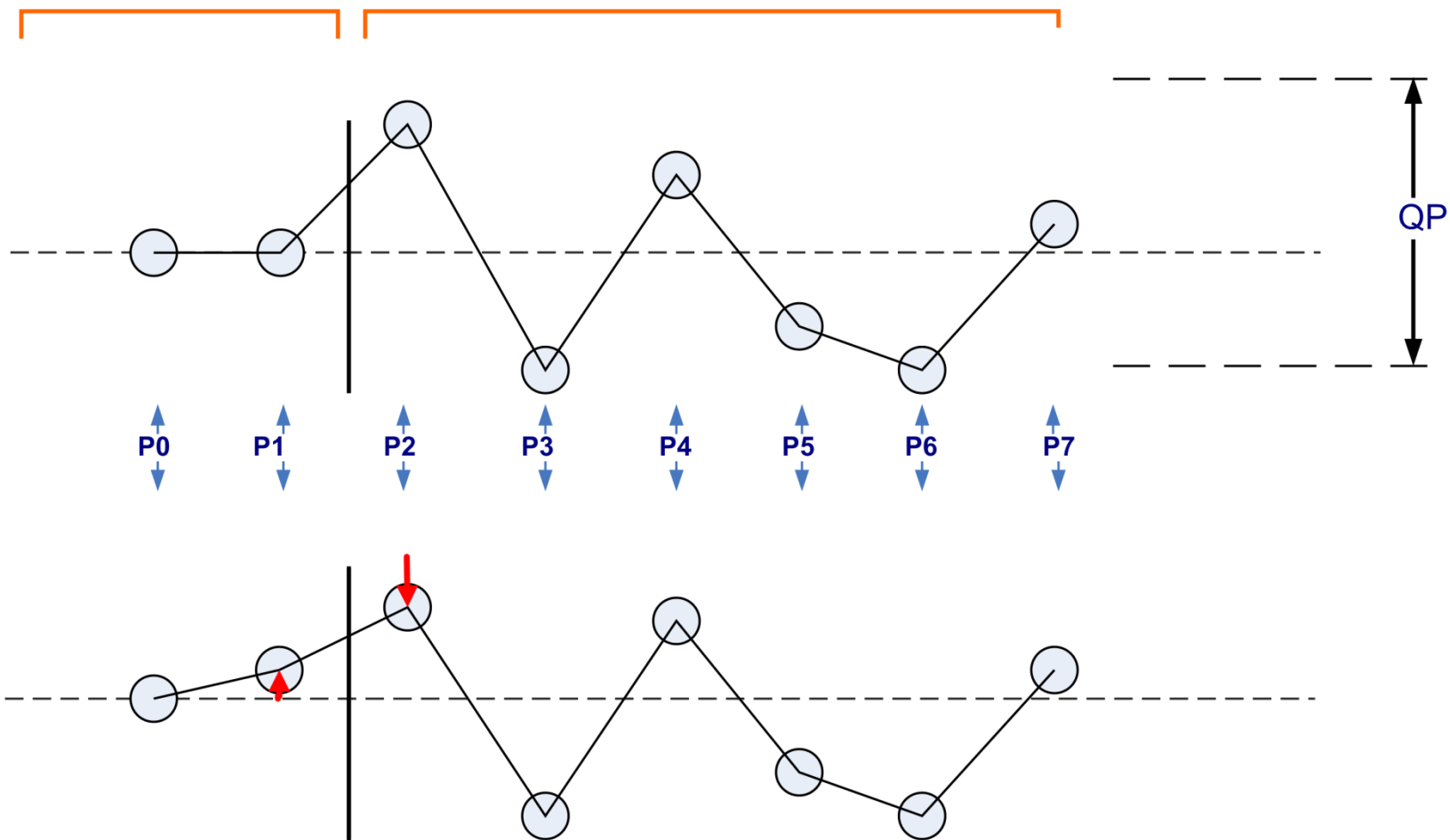
$$P_1' = P_1 - d/4$$

$$P_2' = P_2 + d/4$$

Linear Post-Filtering

Smooth Block

Complex Block



Linear Post-Filtering

Пример



Linear Post-Filtering

- Достоинства
 - Очень высокая скорость работы

- Недостатки
 - Требуется дополнительная информация
 - ME
 - Коэффициенты BDCT
 - Коэффициент квантования
 - Низкое качество

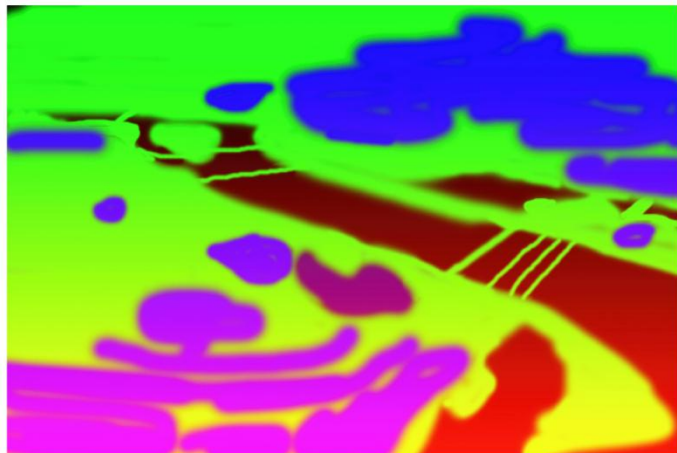


Содержание

- Эффект Гиббса и причины возникновения
- Алгоритмы дерингинга
 - Simple Adaptive Filter
 - Fuzzy Post-Filtering
 - Bilateral Filter
 - Linear Post-Filtering
 - **Библиотека Артефактов**
- Результаты

Библиотека артефактов

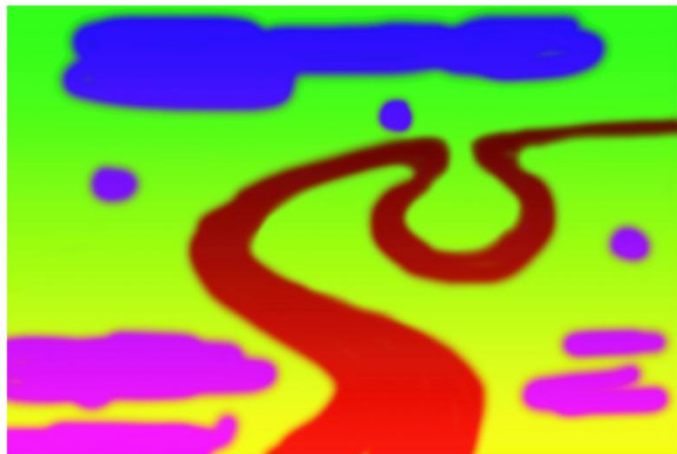
Идея алгоритма



Unfiltered source (A)



Filtered source (A')



Unfiltered (B)

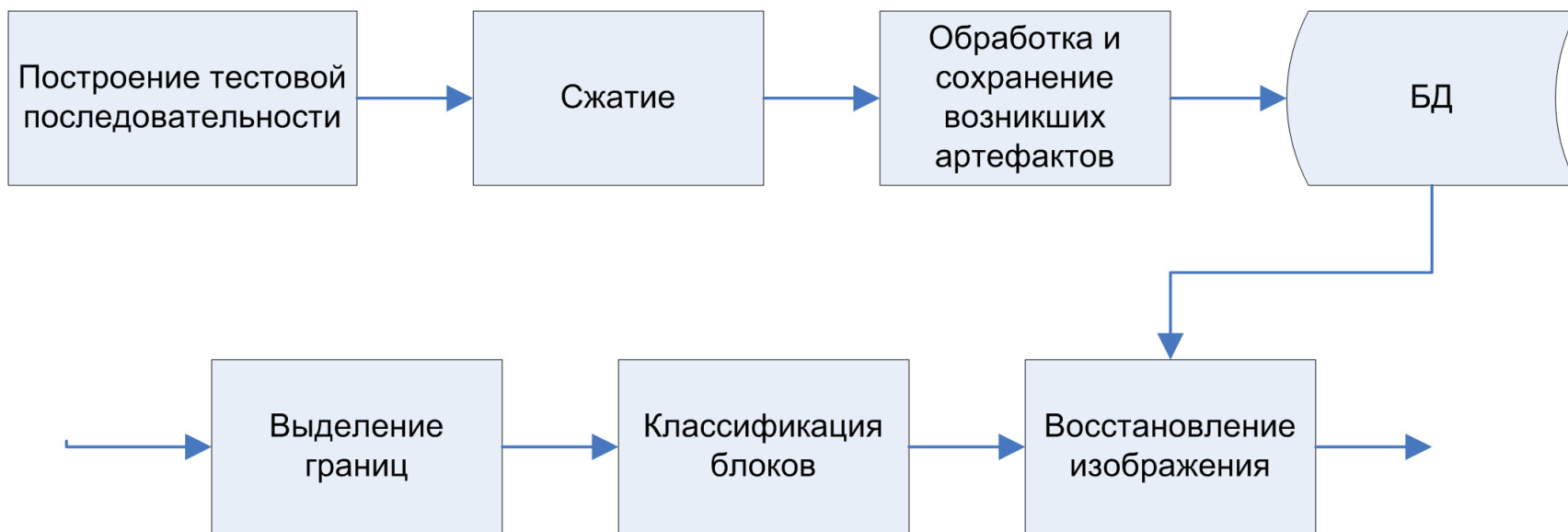


Filtered (B')

Image Analogies,
Aaron Hertzmann, Charles E. Jacobs, Nuria Oliver, Brian Curless, David H. Salesin,
New York University, Microsoft Research, University of Washington, 2001

Библиотека артефактов

Схема алгоритма



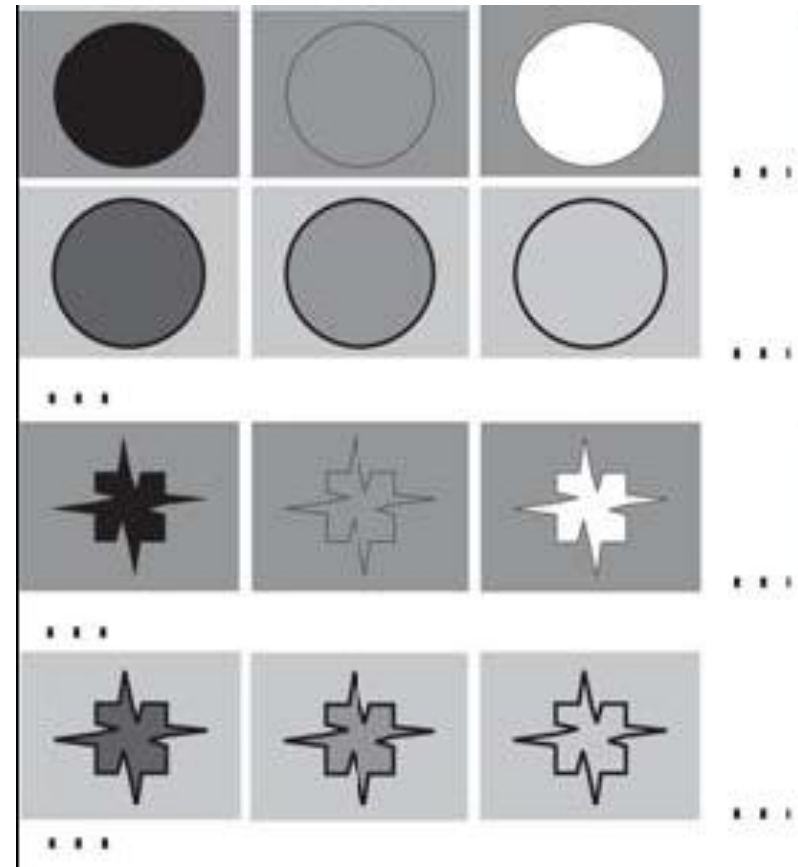
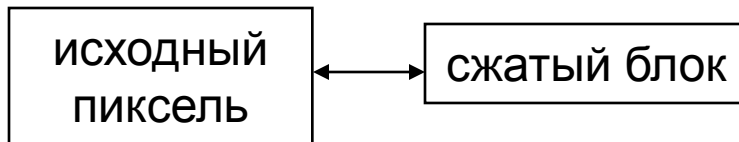
Библиотека артефактов



Построение обучающей последовательности

В алгоритме строится некий набор изображений, к которому применяется DCT и квантование.

Запоминаются пары

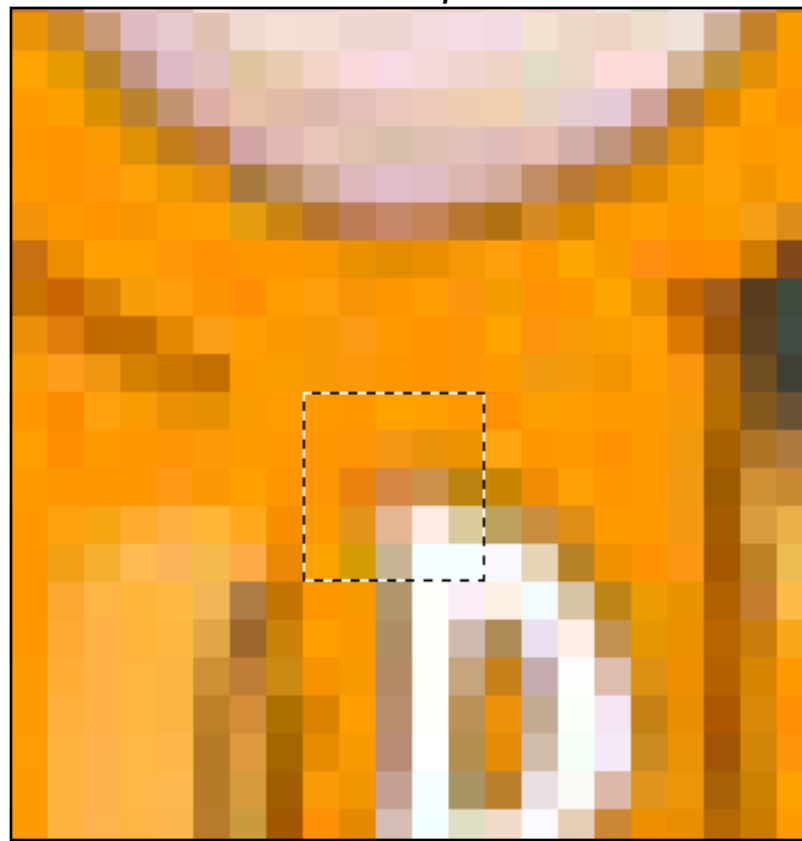


Библиотека артефактов

Исходное изображение



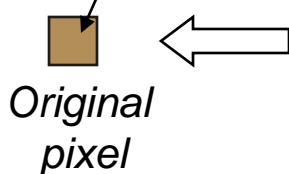
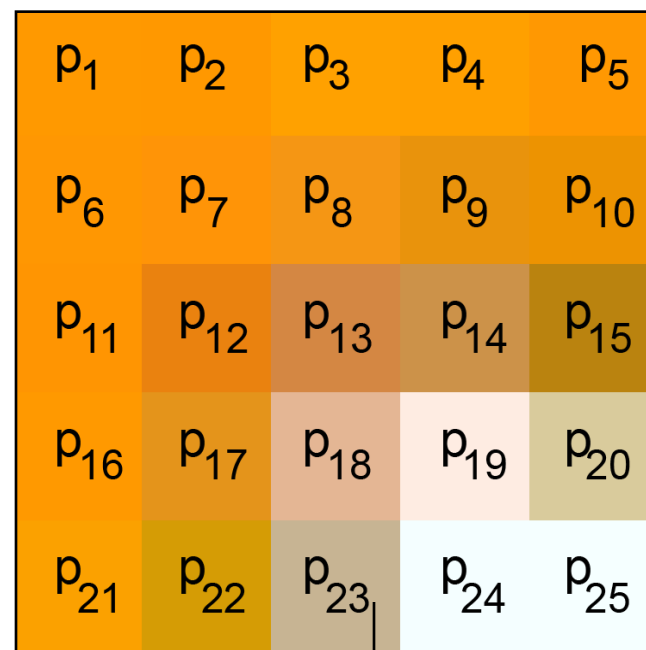
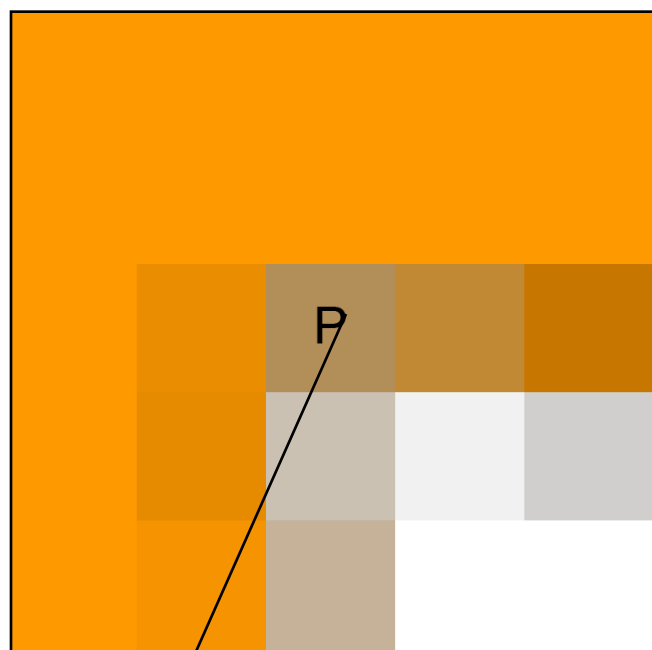
Сжатое изображение



Библиотека артефактов

Исходный блок

Сжатый блок



artifact vector

Библиотека артефактов

Определение границ

- Sobel operators

$$\mathit{grad} f = \left(\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x}[x, y] \approx S_x[x, y]$$

$$\frac{1}{8} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

S_x

$$\frac{1}{8} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

S_y



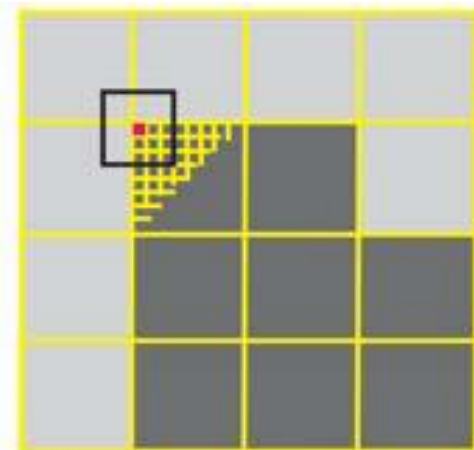
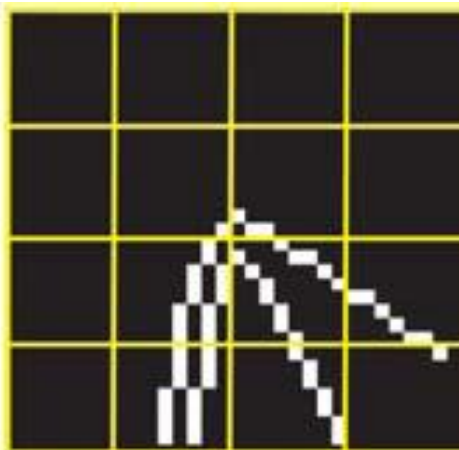
$$\|\mathit{grad} f\| = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}$$

Библиотека артефактов

Определение границ



- Поиск блоков 8×8 , содержащих границы. Дерингинг будет производиться только внутри этих блоков.



Deringing Cartoons by Image Analogies,

GUANGYU WANG, TIEN-TSIN WONG, PHENG-ANN HENG,

ACM Transactions on Graphics, Vol. 25, No. 4, October 2006

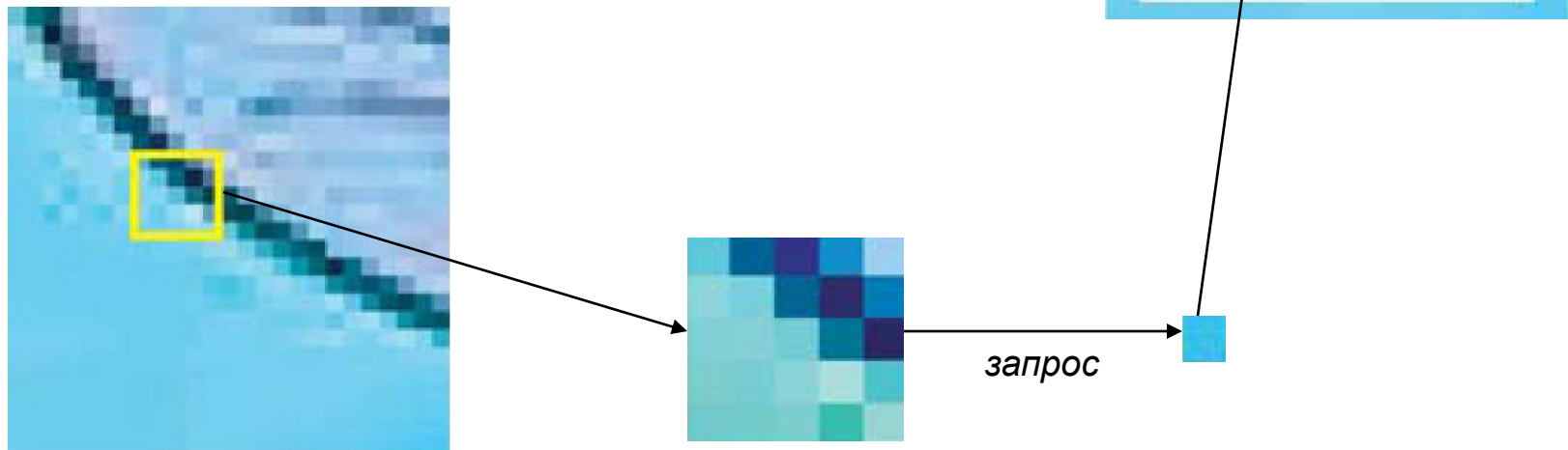
Библиотека артефактов

Алгоритм



Для каждого пикселя внутри блока:

1. Выбирается область 5x5
2. Делается запрос в библиотеку артефактов
3. Полученный исходный пиксель записывается в обработанное изображение



Библиотека артефактов

Алгоритм



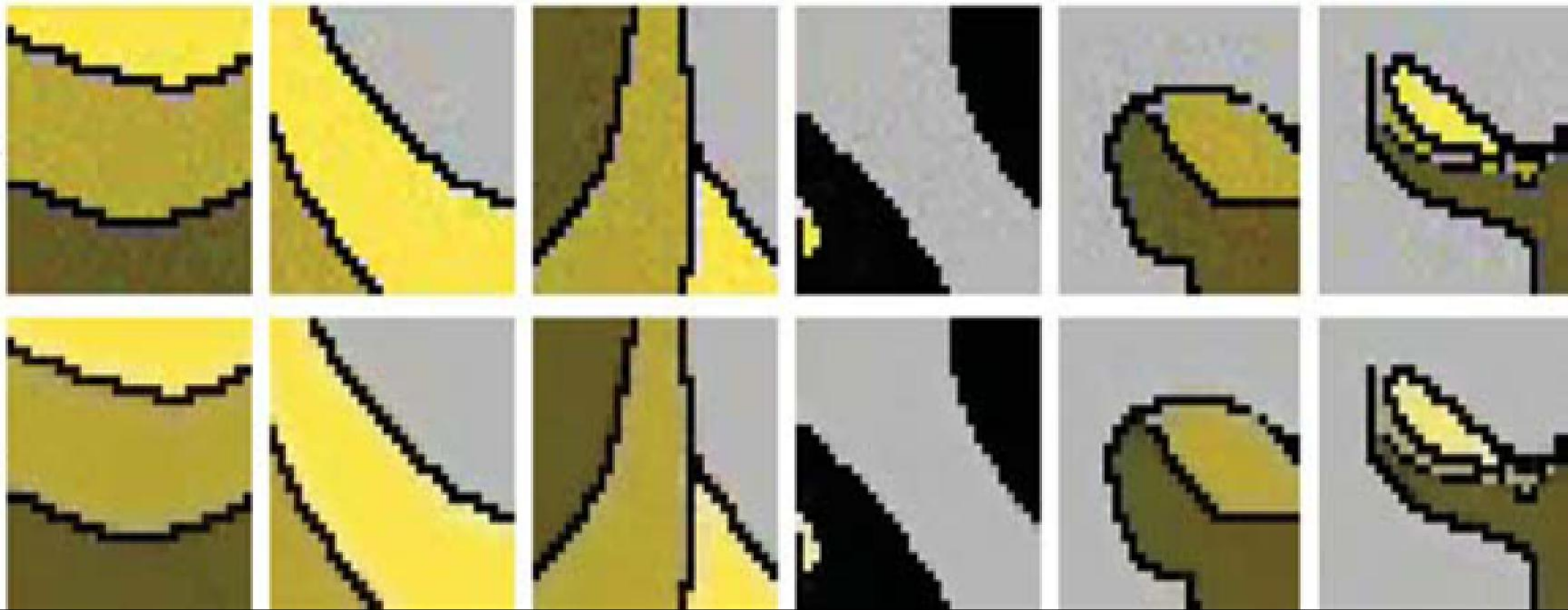
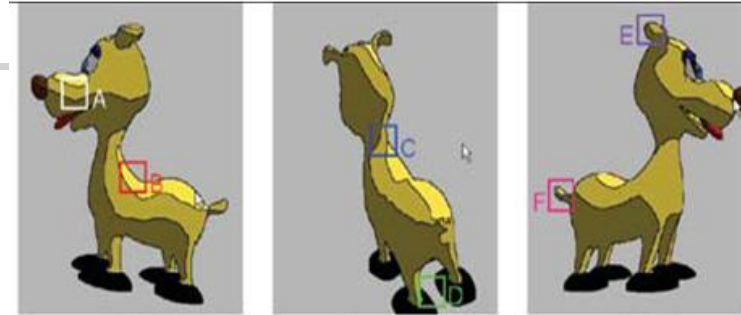
- Для сравнения двух артефакт-векторов используется метрика

$$D_e(w_a, w_b) = \sqrt{\sum_i \sum_j G(i, j)(w_a(i, j) - w_b(i, j))^2}$$

где G – двумерное ядро Гаусса

Библиотека артефактов

Пример работы



Библиотека артефактов

Заключение



- Достоинства
 - Хорошо обрабатывает сложные случаи

- Недостатки:
 - Крайне медленно работает
 - При изменении параметров сжатия необходимо повторить обучение



Содержание

- Эффект Гиббса и причины возникновения
- Алгоритмы дерингинга
 - Simple Adaptive Filter
 - Fuzzy Post-Filtering
 - Bilateral Filter
 - Linear Post-Filtering
 - Библиотека Артефактов
- **Результаты**



Результаты

- Реализованы методы:
 - Simple Adaptive Filter
 - Fuzzy Post Filtering
 - Fuzzy Adaptive Filter
 - Multipass Bilateral Filter
- Реализован фильтр
MSU Cartoon Restore

Список литературы

- Deringing Cartoons by Image Analogies
Guangyuwang, Tien-Tsinwong, and Pheng-Annheng
The Chinese University of Hong Kong, 2006.
- A low-complexity postprocessing algorithm for block based video coding
Ravikanth Maddikonda and Tushar K. Adhikary
Emuzed India Pvt. Ltd.
- Coding Artifact Reduction Using Edge Map Guided Adaptive and Fuzzy Filter
Hao-Song Kong, Yao Nie, Anthony Vetro, Huifang Sun, Kenneth E. Barner
MITSUBISHI ELECTRIC RESEARCH LABORATORY, 2004
- Reduction of Ringing Noise in Transform Image Coding Using a Simple Adaptive Filter
Andre Kaup
Siemens Corporate Technology, Networks and Video Communications, Munich, Germany, 1998
- Bilateral Filtering for Gray and Color Images.
C. Tomasi. R. Manduchi.
Computer Science Department, Stanford University, 1998
- MULTI-SCALE EDGE DETECTION AND IMAGE SEGMENTATION
Baris Sumengen, B. S. Manjunath
ECE Department, UC, Santa Barbara, USA, 2005
- DERINGING AND DEBLOCKING DCT COMPRESSION ARTIFACTS WITH EFFICIENT SHIFTED TRANSFORMS
Ramin Samadani, Arvind Sundararajan and Amir Said
HP Labs Palo Alto, Imaging Technologies Department, 2004
- Fast Adaptive Fuzzy Post-Filtering for Coding Artifacts Removal in Interlaced Video
Yao Nie, Hao-Song Kong, Anthony Vetro, Kenneth Barner
Mitsubishi Electric Research Laboratories, 2005

Дополнительная литература

- Video Codec for Classical Cartoon Animations with Hardware Accelerated Playback
Daniel Sykora, Jan Burianek, Jir Zara, Czech Technical University in Prague, 2005
- Segmentation of Black and White Cartoons, Daniel Sykora, Jan Burianek, Jiri Zara,
Czech Technical University in Prague, 2003
- A Multiscale Approach to Contour Detection by Texture Supression, Giuseppe Papari, Patrizio Campisi, Nikolai Petkov, Alessandro Neri, Institute of Mathematics and Computing Science, University of Groningen, 2006
- A SIMPLE SCHEME FOR CONTOUR DETECTION
Gopal Datt Joshi, Jayanthi Sivaswamy
Center for Visual Information Technology, IIIT Hyderabad, 2003
- Multi-scale Approach to Salient Contour Extraction
Gopal Datt Joshi, Jayanthi Sivaswamy
Centre for Visual Information Technology, IIIT Hyderabad, 2005
- A Non-Maxima Suppression Method for Edge Detection with Sub-Pixel Accuracy
Frederic Devernay
The French National Institute for Research in Computer Science and Control, 1995
- Maximum-Likelihood Parameter Estimation for Image Ringing-Artifact Removal
Seungjoon Yang, Yu-Hen Hu, Truong Q. Nguyen, Damon L. Tull
IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, VOL. 11, NO. 8, 2001

Дополнительная литература

- Simple and Effective Filter to Remove Corner Outlier Artifacts in Highly Compressed Video
Jongho Kim, Donghyung Kim, and Jechang Jeong
Department of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University, 2006
- Perceptually Adaptive Joint Deringing-Deblocking Filtering for Scalable Video Transmission over Wireless Networks
Shuai Wan, Marta Mrak, Naeem Ramzan, Ebroul Izquierdo
Multimedia and Vision Group, Queen Mary, University of London, 2006
- Adaptive Vectorization of Line Drawing Images
RIK D. T. JANSSEN, ALBERT M. VOSSEPOEL
Delft University of Technology, Faculty of Applied Physics, Pattern Recognition Group, The Netherlands, 1995
- Robust Image Contour Detection by Watershed Transformation
Xiao Pei and Moncef Gabbouj
Signal Processing Laboratory, Tampere University of Technology, Finland
- Sparse Pixel Vectorization: An Algorithm and Its Performance Evaluation
Dov Dori, Wenyin Liu
Faculty of Industrial Engineering and Management, Technion, Israel Institute of Technology; Microsoft Research
1999



Вопросы

