Обработка видео

Denoising u Deblocking

Дмитрий Ватолин

Московский Государственный Университет
CS MSU Graphics&Media Lab

Version 1.0

Благодарности

Автор выражает признательность Сергею Гришину и Дарье Калинкиной за помощь в подготовке этих слайдов

Denoising: Содержание

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- **Виды шума и их источники**
- **Методы подавления шума**
  - Методы, работающие в пространственной области
  - Методы, работающие во временной области
    (как использующие, так и не использующие компенсацию движения)
  - Методы удаления вертикальных царапин со старых кинопленок
- **MSU Noise Remover**
- **Методы оценки качества шумоподавления**

Виды шума

- Самый распространенный – **белый гауссовский шум** (описывается следующей функцией плотности распределения: $p(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}}$)
- **Биение пикселов** (изолированные точки на изображении, значение которых значительно отличается от значений окружающих их точек)
- **Вертикальные царапины** (характерны для старых черно-белых видеозаписей)

Происхождение шума

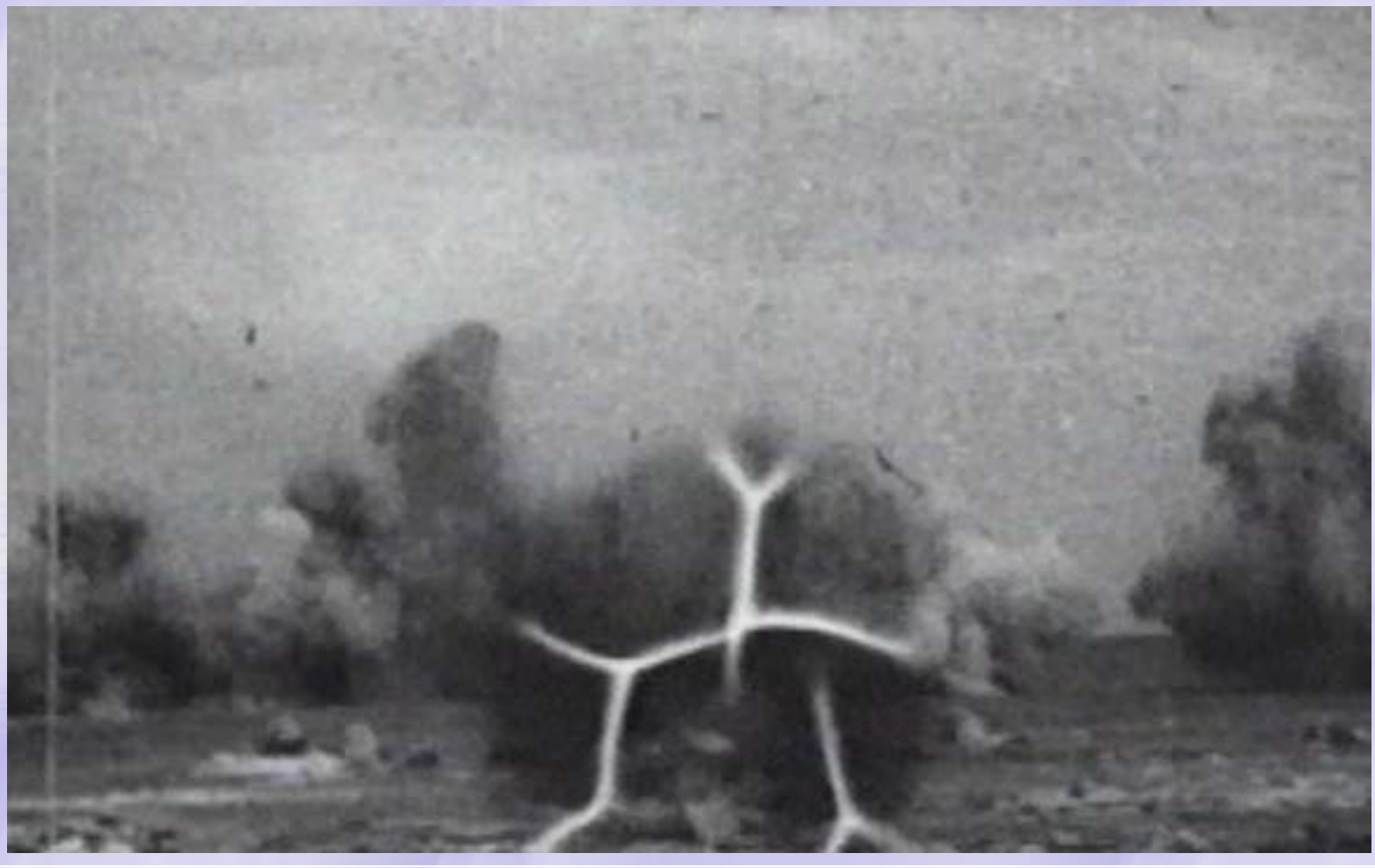
GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Источниками белого и импульсного шума могут быть:
  - неидеальное оборудование для захвата изображения (видеокамера и.т.п.)
  - помехи при передаче по аналоговым каналам
  - неточности при выделении яркостного и цветоразностных сигналов из аналогового композитного сигнала
  - и. т. д.
- Вертикальные царапины возникают при механическом повреждении эмульсии на пленке.

Шум в телевидении

Шум на старых фильмах

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP



Зачем нужно подавлять шум

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Улучшается визуальное качество изображения
- Подавление шума очень важно при сжатии видео:
  - Уменьшается межкадровая разница, и, как следствие, увеличивается степень сжатия
  - Лучше работают алгоритмы компенсации движения

Типы алгоритмов шумоподавления

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Все алгоритмы шумоподавления можно разделить на два типа:

- **Пространственные** (spatial)

  Основная идея : усреднение значений пикселей на каждом отдельном кадре.

  Проблема: могут пострадать мелкие детали, соизмеримые по размеру с шумом и четкость краев предметов.

- **Временные** (temporal)

  Основная идея: усреднение значений пикселей между кадрами.

  Проблема: при сильном движении появляются такие артефакты, как motion blur и ghosting.

Denoising: Содержание

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- **Виды шума и их источники**
- **Методы подавления шума**
  - Методы, работающие в пространственной области
  - Методы, работающие во временной области
    (как использующие, так и не использующие компенсацию движения)
  - Методы удаления вертикальных царапин со старых кинопленок
- **MSU Noise Remover**
- **Методы оценки качества шумоподавления**

Методы пространственного шумоподавления

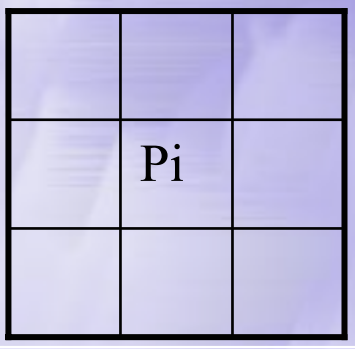
GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Линейное усреднение пикселов по соседям
- Вейвлет-преобразование
- Медианная фильтрация
- Гауссовское размытие
- Математическая морфология

2D Cleaner

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

```
for (each pixel of the current video frame){
      GetRGB (source_pixel, r, g, b);
      tot_red = tot_green = tot_blue = 0;
      count_red = count_green = count_blue = 0;
      for (each pixel in the specified radius){
            GetRGB (neighbour_pixel, r1, g1, b1);
   if  (abs(r1-r) < Threshold) tot_red += r1;  count_red ++;
   if  (abs(g1-g) < Threshold) tot_green += g1;  count_green ++;
   if  (abs(b1-b) < Threshold) tot_blue += b1;  count_blue ++;
      }
      destination_pixel = RGB (tot_red/count_red,
                               tot_green / count_green ,
                               tot_blue / count_blue );
}
```



Параметры:

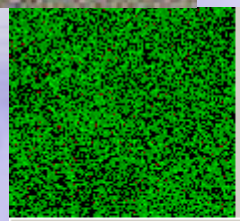
Threshold

Radius

2D Cleaner: Results

Source image

Processed image



1-st image: X:\Report\input.bmp
2-nd image: X:\Report\2d cleaner.bmp

MSE: 0,839	NMSE: 0,029	Max Diff RGB: 7,1
SNR: 15,352	PSNR: 40,761	Max Diff LUV: 4,2
Black: 32,8%	Green: 66%	Red: 1%

Comparison of the source and processed images using LUV Metric

Spatial Smoother

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

```
for  (i=0; i<=511; ++i)  square_tab[i] = (i-255) ^ 2;

for (each pixel of the current video frame){
      GetRGB (source_pixel, r, g, b);
      tot_red = tot_green = tot_blue = 0;
      count = 0;
      r_tab = square_tab[255 - r];
      g_tab = square_tab[255 - g];
      b_tab = square_tab[255 - b];
       ...
```

Spatial Smoother

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

```
for (each pixel in the specified radius){
  GetRGB (neighbour_pixel, r1, g1, b1);
  square_error = (r_tab[r1] + g_tab[g1] + b_tab[b1])
                              >> Strength;
  if (square_error  > 16) square_error = 16;
  square_error = 16 - square_error ;
  tot_red += r1* square_error;
  tot_green += g1* square_error;
  tot_blue += b1* square_error;
  count += square_error;
  }
  destination_pixel = RGB (tot_red/count,
                           tot_green / count,
                           tot_blue / count);
}
```

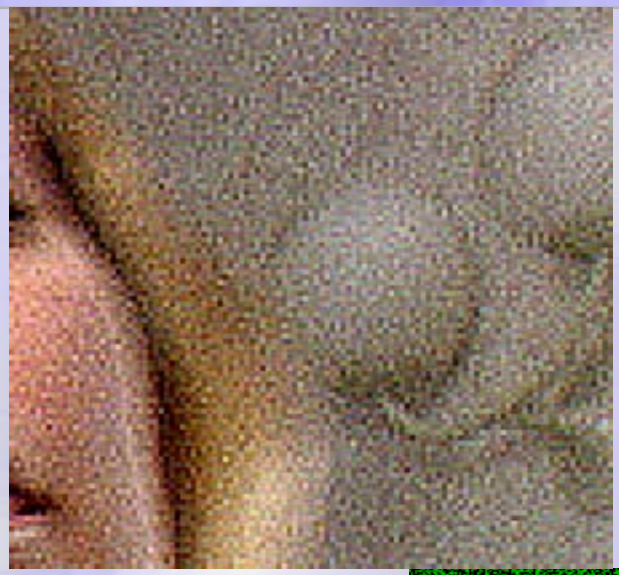
Параметры:

Diameter

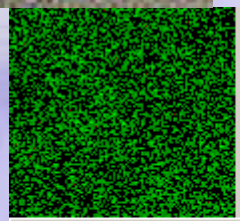
Strength

Spatial Smoother: Results

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP



Source image



1-st image: X:\Report\input.bmp
2-nd image: X:\Report\spartial smoother.bmp

MSE: 0,363	NMSE: 0,012	Max Diff RGB: 4,6
SNR: 18,981	PSNR: 44,389	Max Diff LUV: 3,4
Black: 50,1%	Green: 49,7%	Red: 0,1%

Processed image

Comparison of the source and processed images using LUV Metric

2-D Spatial Noise Filter (G. Haan)

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Это усредняющий по соседям фильтром с двумя порогами, рекурсивный по-вертикали *(он создавался для телевизором с небольшим объемом памяти, а элементы вертикальной задержки являются наиболее дорогими с этой точки зрения).*

2-D Spatial Noise Filter

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Результирующее значение пикселя определяется по следующей формуле:

$$F_F(\underline{x}, t) = G(\underline{x}, t) \cdot \left(\sum_{\underline{n} \in N_1} K_1(\underline{x}, \underline{n}, t) \cdot F(\underline{x} + \underline{n}, t) + \sum_{\underline{n} \in N_2} K_2(\underline{x}, \underline{n}, t) \cdot F_F(\underline{x} + \underline{n}, t) \right)$$

$$K_1(\underline{x}, \underline{n}, t) = f(|F(\underline{x}, t) - F(\underline{x} + \underline{n}, t)|)$$
$$K_2(\underline{x}, \underline{n}, t) = f(|F(\underline{x}, t) - F_F(\underline{x} + \underline{n}, t)|)$$

- весовые коэффициенты, где

$$f(a) = \begin{cases} 1, & a \le Th \\ 0.25, & Th < a \le 4Th \\ 0, & a > 4Th \end{cases}$$

- монотонно убывающая функция
(Th – параметр, зависящий от уровня шума)

2-D Spatial Noise Filter

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

$$F_F(\underline{x}, t) = G(\underline{x}, t) \cdot \left(\sum_{\underline{n} \in N_1} K_1(\underline{x}, \underline{n}, t) \cdot F(\underline{x} + \underline{n}, t) + \sum_{\underline{n} \in N_2} K_2(\underline{x}, \underline{n}, t) \cdot F_F(\underline{x} + \underline{n}, t) \right)$$

$$\frac{1}{G(\underline{x}, t)} = \sum_{\underline{n} \in N_1} K_1(\underline{x}, \underline{n}, t) + \sum_{\underline{n} \in N_2} K_2(\underline{x}, \underline{n}, t)$$

- нормализующий коэффициент

Пиксель смешивается с соседями, определяемыми следующими векторами (***w*** последовательно принимает значения *–1,0,1,0*):

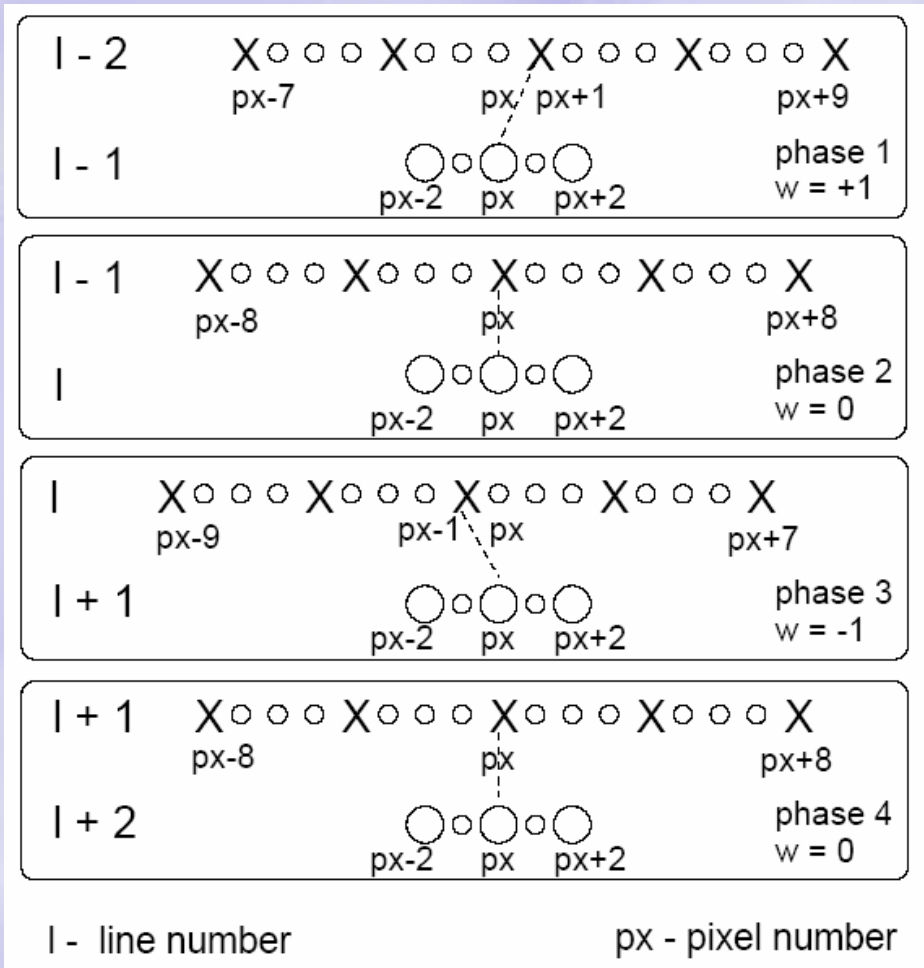
$$N_1 = \left\{ \begin{pmatrix} -2 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix} \right\}$$

$$N_2 = \left\{ \begin{pmatrix} -8+w \\ -1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -4+w \\ -1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} w \\ -1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 4+w \\ -1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 8+w \\ -1 \end{pmatrix} \right\}$$

2-D Spatial Noise Filter

Иллюстрация работы фильтра на 4-х последовательных строках.

Вектор N_2 изменяется от строки к строке, таким образом фильтр работает циклически.



2-D Spatial Noise Filter

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Особенность данного фильтра:

- В большинстве других пространственных фильтрах пиксели смешиваются со своими непосредственными соседями и в симметричном окне.

  Аргументация: при такой обработке шумовые различия между пикселями в окне сглаживаются в наибольшей степени.
- В данном фильтре смешиваются пиксели, находящиеся на некотором расстоянии друг от друга.

  Аргументация: таким способом удается подавить низкочастотный шум, который более заметен, чем высокочастотный, и практически не затронуть наименее заметные высокие диагональные частоты в 2D спектре благодаря периодической смене смешиваемых пикселей.

Методы пространственного шумоподавления

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

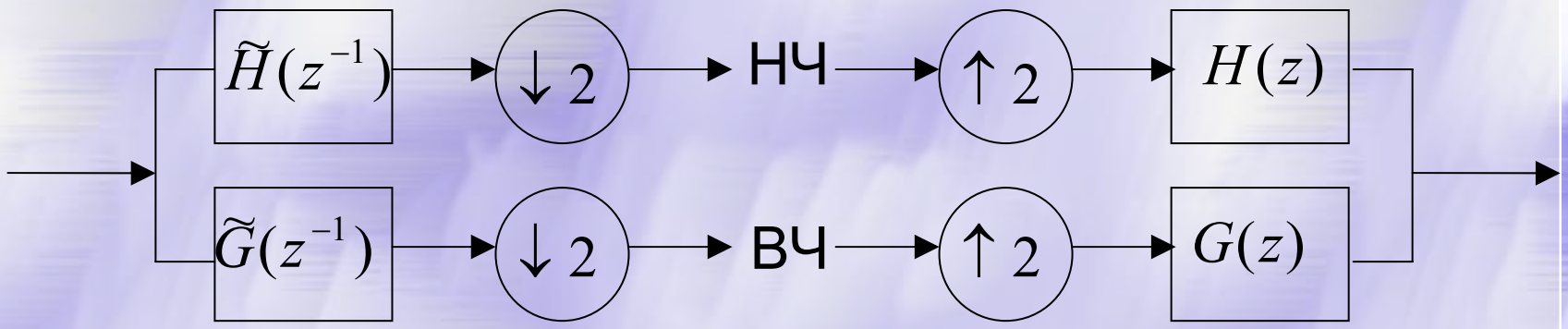
- Линейное усреднение пикселов по соседям
- Вейвлет-преобразование
- Медианная фильтрация
- Гауссовское размытие
- Математическая морфология

Вейвлеты

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Дискретное вейвлет-преобразование (DWT):

$\tilde{\mathbf{h}}$	$\tilde{\mathbf{g}}$	$\mathbf{h}$	$\mathbf{g}$
$\tilde{H}(z)$	$\tilde{G}(z)$	$H(z)$	$G(z)$



DWT (на примере фильтра Хаара)

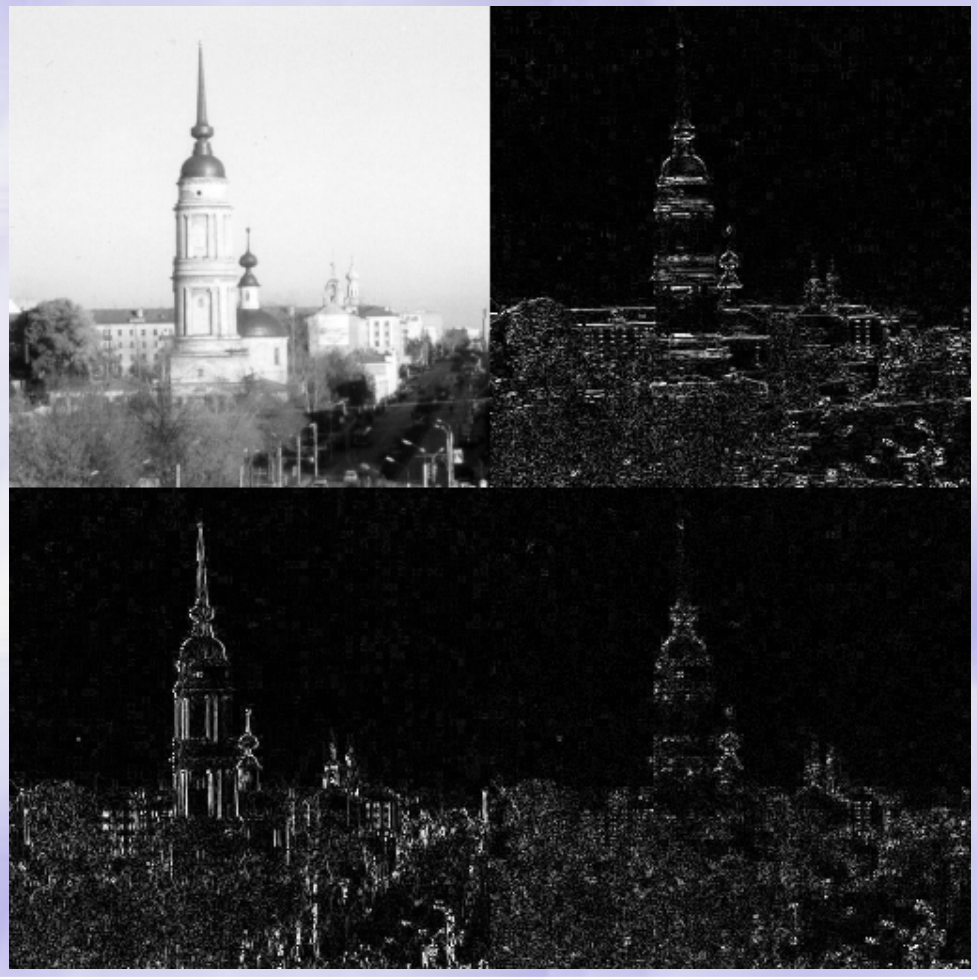
GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

$$\tilde{\mathbf{h}} = [1/2,\ 1/2] \qquad \mathbf{h} = [1,\ 1]$$
$$\tilde{\mathbf{g}} = [-1/2,\ 1/2] \qquad \mathbf{g} = [1,\ -1].$$

Resolution	Averages	Detail coefficients
3	[2, 2, 0, 2, 3, 5, 4, 4]	
2	[2, 1, 4, 4]	[0, –1, –1, 0]
1	[1.5, 4]	[0.5, 0]
0	[2.75]	[–1.25]

Haar wavelet decomposition: [2.75, –1.25, 0.5, 0, 0, –1, –1, 0]

2D DWT



2D DWT:
DWT применяется сначала к строкам, потом к столбцам изображения.

LL	HL
LH	HH

DWT и шумоподавление

Информация о шуме содержится в ВЧ-составляющих (вейвлет-коэффициентах) DWT.

Если на изображении **f** = [**f1**, ..., **fn**] присутствует белый шум с нулевым математическим ожиданием и дисперсией σ^2, то в силу линейности DWT для вейвлет-коэффициентов будет выполняться:

$$wi = yi + \epsilon i,\ i = 1, \ldots, n$$

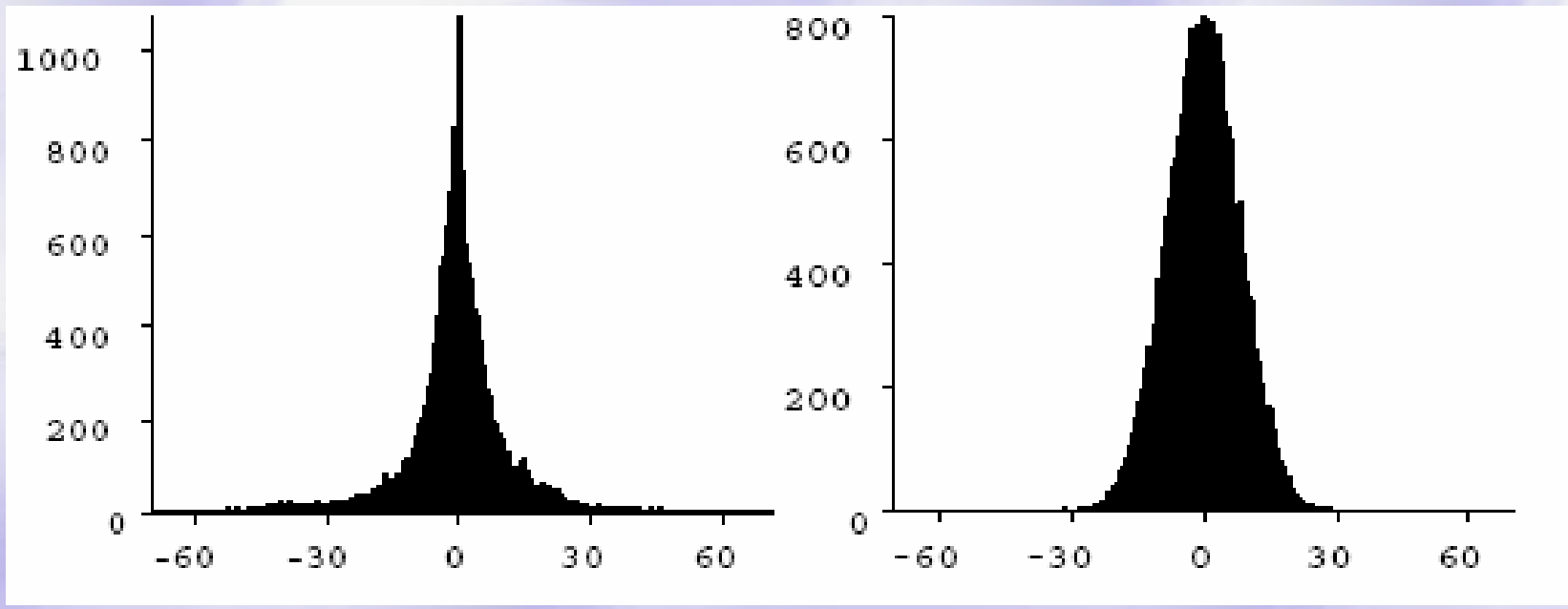
где yi - вейвлет-коэффициенты без шума,

а $\epsilon i \sim N(0, \sigma^2)$ - шум

DWT и шумоподавление

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Слева – гистограмма вейвлет-коэффициентов у чистого изображения, справа – у изображения с шумом.



DWT и шумоподавление

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- При шумоподавлении обычно используется вейвлет-преобразование без прореживания, то есть примененное к каждому пикселу.
- Шумоподавление выполняется путем уменьшения значений вейвлет-коэффициентов в зависимости от уровня шума и вероятности того, что данный коэффициент представляет собой шум.
- Проблема – как отличить шум от деталей изображения.

DWT и шумоподавление

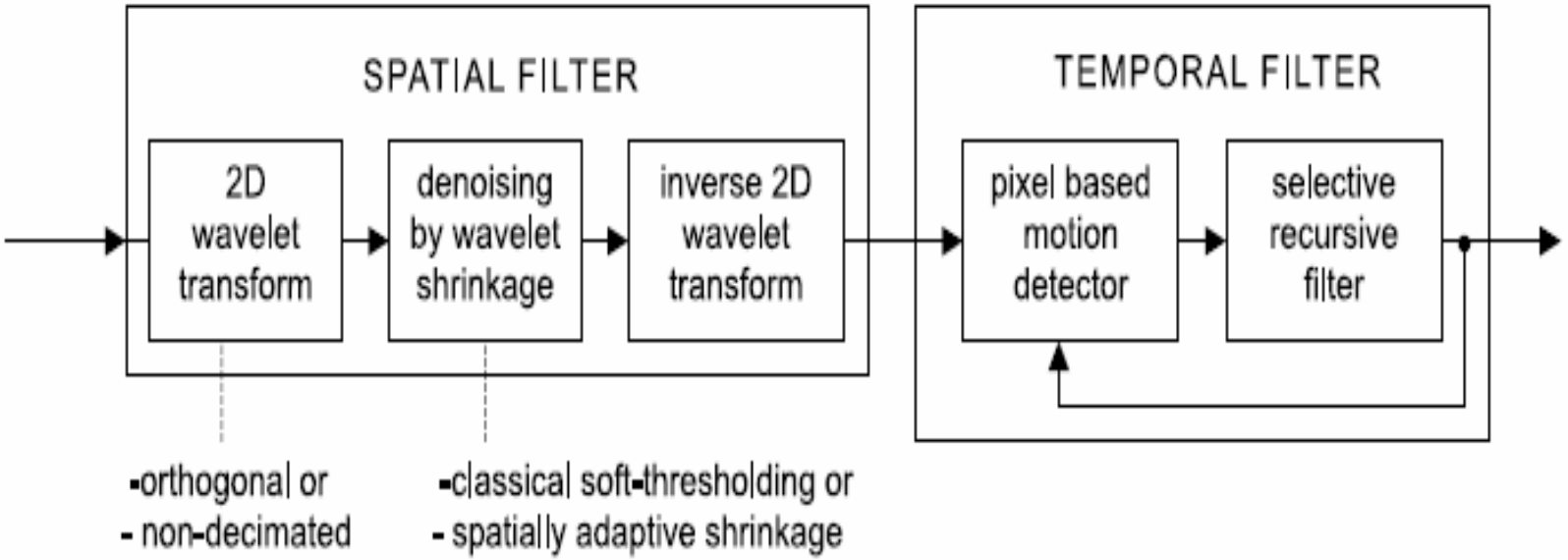
Можно выделить два основных подхода:

- **Thresholding**
  - hard-thresholding : $$\tilde{w}\,i = \begin{cases} 0, & |wi| \le T \\ wi, & |wi| > T \end{cases}$$
  - soft-thresholding: $$\tilde{w}\,i = \begin{cases} 0, & |wi| \le T \\ \mathrm{sgn}(wi)(|wi| - T), & |wi| > T \end{cases}$$
- **Spatially adaptive shrinkage**

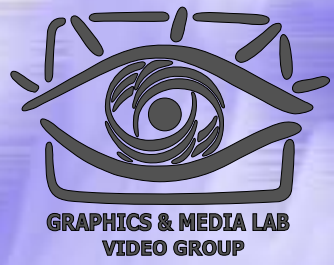
Общая схема шумоподавления с использованием вейвлетов

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Обычно объединяют пространственный вейвлет-фильтр с некоторым временным фильтром.



Combined Wavelet Domain and Temporal Video Denoising



Состоит из двух фильтров, выполняющихся последовательно:

- Spatially Adaptive Noise Filter in the Wavelet Domain
- Selective Recursive Temporal Filter in the Signal Domain

Рассмотрим подробнее адаптивный алгоритм уменьшения вейвлет-коэффициентов, представленный в пространственном фильтре.

Wavelet shrinkage estimator

Вероятность того, что данный вейвлет-коэффициент представляет собой шум, оценивается исходя из следующих данных:

- значения самого вейвлет-коэффициента w_l
- среднего значения вейвлет-коэффициентов в небольшом окне $\delta(l)$ вокруг этого коэффициента:

$$z_l = \Sigma_{k \in \delta(l)} | w_k |$$

- глобального распределения коэффициентов на данном уровне

Wavelet shrinkage estimator

Пусть гипотеза H_1 означает, что шум отсутствует *(|y| >= T)*, а H_0 – что присутствует *(|y| < T)*.

Тогда новые вейвлет коэффициенты будут определяться следующей формулой на основе 3-х пунктов, перечисленных выше:

$$\hat{y}_l = \frac{\rho \xi_l \eta_l}{1 + \rho \xi_l \eta_l} w_l,$$

where

$$\rho = \frac{P(H_1)}{P(H_0)}, \quad \xi_l = \frac{p(w_l|H_1)}{p(w_l|H_0)} \quad \text{and} \quad \eta_l = \frac{p(z_l|H_1)}{p(z_l|H_0)}$$

Wavelet shrinkage estimator

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

$$\hat{y}_l = \frac{\rho \xi_l \eta_l}{1 + \rho \xi_l \eta_l} w_l,$$

where

$$\rho = \frac{P(H_1)}{P(H_0)}, \quad \xi_l = \frac{p(w_l|H_1)}{p(w_l|H_0)} \quad \text{and} \quad \eta_l = \frac{p(z_l|H_1)}{p(z_l|H_0)}$$

p(x|H$_0$) – вероятностная функция того, что коэффициент x – шум; ***p(x|H$_1$)*** – вероятностная функция того, что коэффициент x – не является шумом. Они определяются следующим образом:

$$p(y|H_0) = \begin{cases} A_0 \exp(-\lambda|y|^\nu) & \text{if } y \le T, \\ 0 & \text{if } y > T, \end{cases}$$

$$p(y|H_1) = \begin{cases} 0 & \text{if } y \le T, \\ A_1 \exp(-\lambda|y|^\nu) & \text{if } y > T. \end{cases}$$

$$A_0 = (\lambda/2)e^{\lambda T}/(e^{\lambda T} - 1) \text{ and } A_1 = (\lambda/2)e^{\lambda T}$$

T – некий порог, зависящий от уровня шума

Wavelet shrinkage estimator

Первый коэффициент - ρ - зависит от глобального распределения коэффициентов:

$$\rho = \frac{P(H_1)}{P(H_0)} = \frac{\exp(-\lambda T)}{1 - \exp(-\lambda T)}.$$

$\lambda = [0.5(\sigma_w^2 - \sigma^2)]^{-1/2}$ $\nu = 1$

σ_w – дисперсия сигнала с шумом

σ – дисперсия сигнала без шума

Лучшие результаты были получены при $T = \sigma$.

Методы пространственного шумоподавления

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Линейное усреднение пикселов по соседям
- Вейвлет-преобразование
- Медианная фильтрация
- Гауссовское размытие
- Математическая морфология

Медианная фильтрация

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Медианная фильтрация – это стандартный способ подавления импульсного шума.
- Для каждого пиксела вычисляется среднее значение в некотором его окружении (окне) и присваивается этому пикселу:

$$med = \underset{f_i \in W}{\operatorname{argmin}} \sum_j \left| f_i - f_j \right|$$

где W – окно размера (2n+1)x(2n+1)

Vector Median Filter (VMF)

Для цветных изображений используется векторный медианный фильтр (VMF):

$$med = \arg\min_{f_i \in W} \sum_{j=0}^{N-1} d\left(F_i, F_j\right)$$

где d – произвольная метрика
(Euclidean or city-block)

Однако чистый медианный фильтр размывает края, поэтому на практике практически не используется.

Fast Modified Vector Median Filter (FMVMF)

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Его модификация – быстрый векторный медианный фильтр (FMVMF).

В FMVMF используется окно с 4-мя соседями:

(F_0 – изменяемый пиксел)

	F_1	
F_4	F_0	F_2
	F_3	

FMVMF

Рассматриваемый центральный пиксел F_0 заменяется на F_k, где:

$$k = \begin{cases} 0, if \; -\beta + \sum_{j=1}^{N-1} d(F_0, F_j) \le \min\limits_{F_i \in W \setminus F_0} \sum_{j=1}^{N-1} d(F_i, F_j) \\ i_{opt} := \arg \min\limits_{F_i \in W \setminus F_0} \sum_{j=1}^{N-1} d(F_i, F_j), \\ if \; \min\limits_{F_i \in W \setminus F_0} \sum_{j=1}^{N-1} d(F_i, F_j) < -\beta + \sum_{j=1}^{N-1} d(F_0, F_j) \end{cases}$$

β - параметр (экспериментально равен 0.75, если цветовые компоненты нормализованы в интервале [0, 1])

Primum Non Nocere Vector Median Filter (PNN-VMF)

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- За основу взят FMVMF.
- Обход ведется по-горизонтали слева направо сверху вниз и в качестве F_1 и F_4 берутся уже ранее обработанные значения (предположительно, без шума).
- В FMVMF F_0 изменяется, если условие выполнялось хотя бы для одного из соседей, а в PNN-VMF - только если оно выполнено для ВСЕХ его соседей.

Two-pass Median-like Filter for impulse noise removal

GRAPHICS & MEDIA LAB VIDEO GROUP

- Первый шаг – PNN-VMF.
- На втором шаге выполняется одна из модификаций PNN-VMF - N2, N3, N4 – на основе того, сколько пикселей было изменено на первом шаге.

condition	triggered 2nd pass action
$FMP \le T_1$	no action, terminate
$(FMP > T_1) \wedge (FMP \le T_2)$	N4
$(FMP > T_2) \wedge (FMP \le T_3)$	N3
$FMP > T_3$	N2

Ni – это PNN-VMF, у которого для изменения центрального пиксела достаточно выполнения условия для Ni соседей из 4-х.

Для T1, T2 и T3 экспериментально были получены значения 0.04, 0.08 и 0.13 соответственно.

Методы пространственного шумоподавления

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

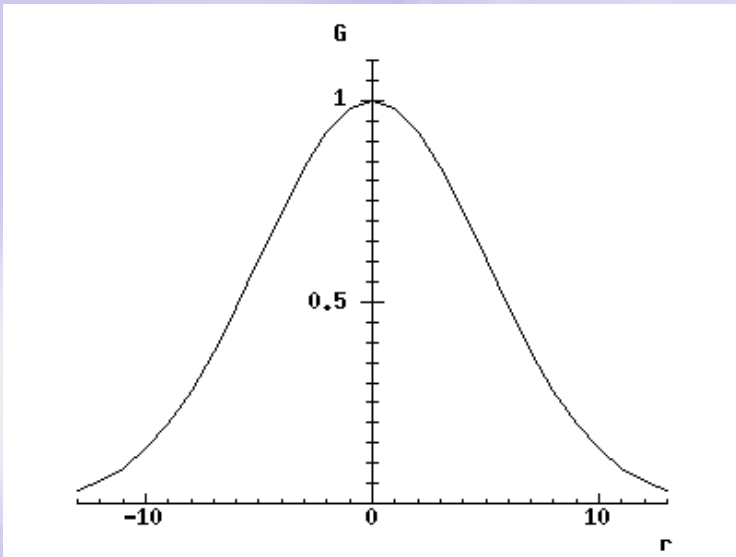
- Линейное усреднение пикселов по соседям
- Вейвлет-преобразование
- Медианная фильтрация
- Гауссовское размытие
- Математическая морфология

Гауссовское размытие

Это свертка по функции:

$$g(x,y) = Ae^{-\frac{x^2+y^2}{\sigma^2}}$$

Параметр σ задает степень размытия.



$$I'(i,j) = \sum_{x=-n}^{n}\sum_{y=-m}^{m} I(i-x)(j-y)\cdot\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}}$$

$$d = \sqrt{x^2+y^2}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{4} & 1 & \frac{1}{4} \\ 1 & 5 & 1 \\ \frac{1}{4} & 1 & \frac{1}{4} \end{bmatrix}$$

Методы пространственного шумоподавления

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Линейное усреднение пикселов по соседям
- Вейвлет-преобразование
- Медианная фильтрация
- Гауссовское размытие
- Математическая морфология

Математическая морфология

Морфологические фильтры:

- Сужение (Erosion)
- Расширение (Dilation)
- Закрытие (Closing)
- Раскрытие (Opening)

Сужение, Расширение

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Рассмотрим на примере бинарного изображения:

Сужение: если хотя бы 1 сосед черный, ставим черную точку, иначе – белую.

Расширение: если все соседи черные, ставим черную точку, иначе – белую.

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$ *- маска (структурный элемент)*

Раскрытие, Закрытие

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Раскрытие: сначала сужение, потом расширение.

Убирает выступы на границах объектов

Закрытие: сначала расширение, потом сужение.

Заполняет отверстия внутри и на границах

Morphological Image Cleaning Algorithm (MIC)

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Пусть I – изображение, I_Z - открытие этого изображения с помощью структурного элемента Z, а I^Z – его закрытие с использованием того же структурного элемента Z.

Определим фильтр OCCO(I; Z) следующим образом:

$$\mathrm{OCCO}(I;Z) = \frac{1}{2}(I_Z)^Z + \frac{1}{2}(I^Z)_Z$$

MIC

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Общая схема алгоритма:

Пусть I – черно-белое изображение с шумом, а $S = OCCO(I; Z)$ – сглаженное изображение без шума.

Тогда изображение, равное их разнице, $D = I - S$ будет содержать весь шум исходного изображения I. Так же оно будет содержать мелкие все детали исходного изображения, размер которых меньше структурного элемента.

MIC

Если шум в ***I*** изменялся в меньших пределах, чем мелкие детали, то в ***D*** б**о**льшая амплитуда будет у деталей, чем у шума.

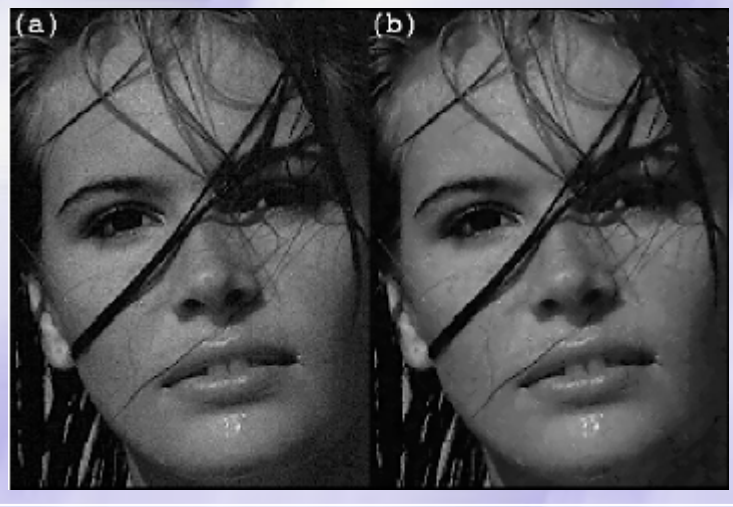
Таким образом, маска ***D`***, полученная следующим образом:

$$D`(x,y) = D(x,y), \text{ если } |D(x,y)| > T, \text{ иначе } D`(x,y) = 0$$

будет содержать все детали изображения.

Далее по полученной ***D`*** маске восстанавливаются мелкие детали, края и тонкие линии в сглаженном изображении ***S***.

MIC: Results



Denoising: Содержание

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- **Виды шума и их источники**
- **Методы подавления шума**
  - Методы, работающие в пространственной области
  - Методы, работающие во временной области

  (как использующие, так и не использующие компенсацию движения)
  - Методы удаления вертикальных царапин со старых кинопленок
- **MSU Noise Remover**
- **Методы оценки качества шумоподавления**

Методы временного шумоподавления

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Общая схема временного шумоподавления:

$$F_F(x,\ t) = k\,F(x,\ t) + (1 - k)\,F_F(x,\ t - T)$$

где $F(x,t)$ – исходное значение пиксела на текущем фрейме, а $F_F(x,t)$ - результирующее

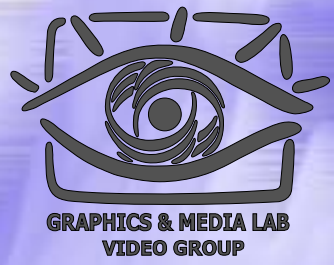
Методы временного шумоподавления

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Делятся на алгоритмы:

- не использующие Motion Estimation
  (проблемы – motion blur и ghosting)
- использующие Motion Estimation
  - простое детектирование движения: пикселы в движущихся блоках не изменяются
  - построение скомпенсированного кадра и смешивание текущего с ним (ME должно быть выполнено качественно)

Алгоритмы, не использующие ME:
Chroma Noise Reduction



Работает в пространстве YUV, обрабатывает только цветностные компоненты U и V.

```
U_cur =
 q(Y)*q(U)*U_prev + (1-q(Y))*(1-q(U))*U_cur

V_cur =
 q(Y)*q(V)*V_prev + (1-q(Y))*(1-q(V))*V_cur
```

Chroma Noise Reduction

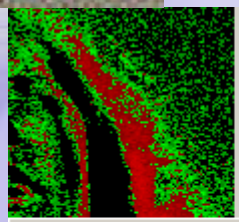
GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

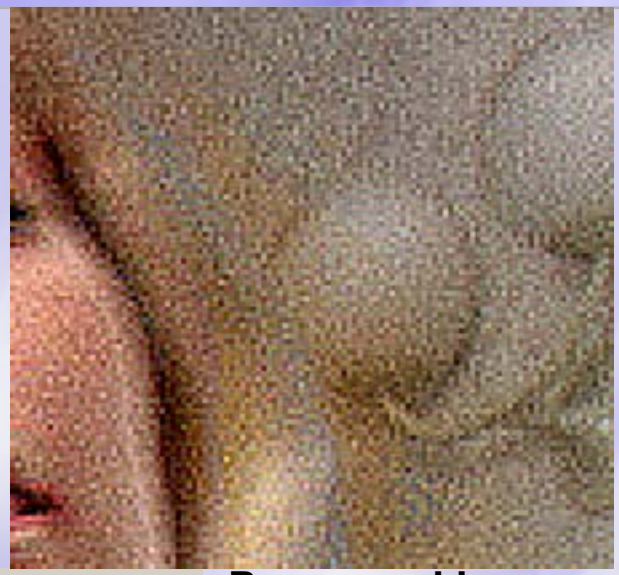
```
Y_tab[i] = 0, if i < -Y_ymax, i > Y_ymax
Y_tab[i] = Y_xmax/2*(1+cos(pi*i/Y_ymax)), if
                                -Y_ymax < i < -Y_ymax
(U_tab, V_tab  определяются аналогично)

for (each pixel of the current video frame){
      (RGB) -> (YUV)
      Y_diff = Y - Y_prev;
      U_diff = U - U_prev;
      V_diff = V - V_prev;
   U_new = (Y_tab[Y_diff]*U_tab[U_diff] * U_prev +
         (1 - Y_tab[Y_diff])*(1 - U_tab[U_diff]) * U);
   V_new = (Y_tab[Y_diff]*V_tab[V_diff] * V_prev +
         (1 - Y_tab[Y_diff])*(1 - V_tab[V_diff]) * V);
      (YUV) -> (RGB)
}
```

Chroma Noise Reduction: Results

Source image





Processed image

1-st image: X:\Report\input.bmp
2-nd image: X:\Report\CNR.bmp

MSE: 0,029	NMSE: 0,001	Max Diff RGB: 0,8
SNR: 29,834	PSNR: 55,242	Max Diff LUV: 8
Black: 44,7%	Green: 37,1%	Red: 18%

Comparison of the source and processed images using LUV Metric

Алгоритмы, не использующие ME:
Dynamic Noise Reduction

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

```
for (each pixel of the current video frame){
      GetRGB(source_pixel, r, g, b);
      r_diff = abs(r - r_prev);
      g_diff = abs(g - g_prev);
      b_diff = abs(b - b_prev);
      if (r_diff < Level)
            if  (r_diff > (Level >> 1))
              r = 2/3*r + 1/3*r_prev;
                  else r = r_prev;
… (the same for each color component)
       destination_pixel = RGB (r, g, b);
}
```

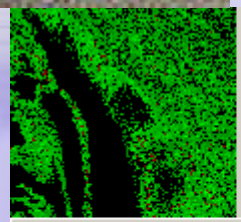
Параметр:

Level

Dynamic Noise Reduction: Results

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Source image



Processed image

1-st image: X:\Report\input.bmp
2-nd image: X:\Report\DNR.bmp

MSE: 0,564	NMSE: 0,019	Max Diff RGB: 5
SNR: 17,074	PSNR: 42,483	Max Diff LUV: 4,3
Black: 46,2%	Green: 52,4%	Red: 1,2%

Comparison of the source and processed images using LUV Metric

Spatio-Temporal Noise Reduction ASIC for Real-Time Video Processing

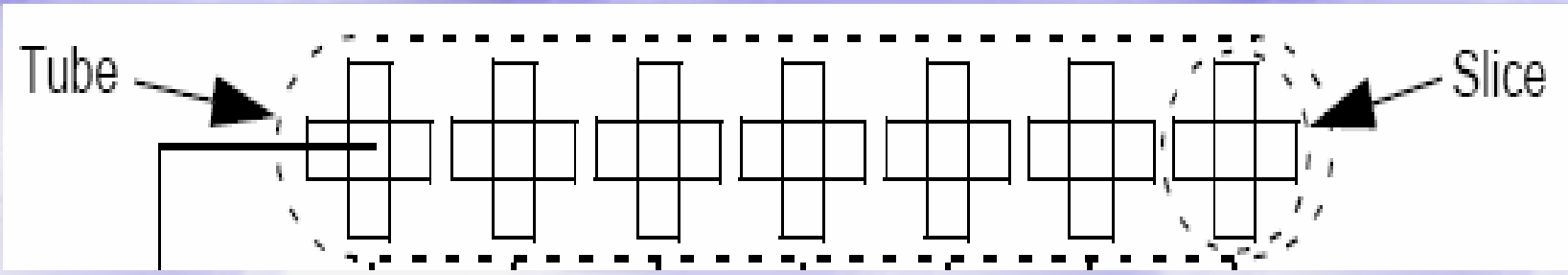
GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Этот метод уже учитывает движение и не изменяет изображение в тех местах, где оно было.

Обработка текущего кадра производится на основе 7 кадров: его самого, трех предшествующих и трех последующих.

Spatio-Temporal Noise Reduction ASIC for Real-Time Video Processing

GRAPHICS & MEDIA LAB VIDEO GROUP



Центральный пиксель и 4 его соседа на одном кадре образуют сечение, а соответствующие сечения на всех 7ми кадрах - цилиндр.

Frame: $F(n) = \{R(n), G(n), B(n)\}$

Pixel: $P(i, j, n) = \{R(i, j, n), G(i, j, n), B(i, j, n)\} \in F(n)$

Slice: $S(i_0 j_0, n_0) \subset F(n_0)$

Tube: $T(i_0 j_0 n_0) = \{S(i_0 j_0, n) \mid (n_0 - d) \le n \le (n_0 + d)\}$

Number of frames: $2 \cdot d + 1$

The centre frame is surrounded by d frames in time.

Spatio-Temporal Noise Reduction ASIC for Real-Time Video Processing

GRAPHICS & MEDIA LAB VIDEO GROUP

Индикатором движения является функция:

$$I(n, n-1) = \begin{cases} 1 & if((\Delta Y > T_1) \vee (\Delta B > T_2)) \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

где ΔY и ΔB - модули разности соответственно яркости и цветности между двумя соседними сечениями:

$$\Delta Y = \left[\bar{Y}(n) - \bar{Y}(n-1)\right]$$

$$\Delta B = \left|B(i_0, j_0, n) - B(i_0, j_0, n-1)\right|$$

($\bar{Y}(n)$ - среднее значение яркости на *n*-м сечении)

Spatio-Temporal Noise Reduction ASIC for Real-Time Video Processing

GRAPHICS & MEDIA LAB VIDEO GROUP

Пусть n_0 – текущий обрабатываемый кадр, всего кадров $2d+1$.

1. Считаем $\bar{Y}(n)$ для $(n_0 - d) \le n \le (n_0 + d)$.
2. Определяем правый временной промежуток, на котором не было движения δ_R:

```
k := d
while ( I(k, k-1) = 1 && (k ≠ 1)) k := k–1
if ( (k ≠ 1) || I(k, k-1) = 0 ) then δR = k
    else δR = 0
```

3. Аналогично определяем левый временной промежуток, на котором не было движения - δ_L.
4. Получили временной интервал $[n_0 - \delta_L, n_0 + \delta_R]$, который переопределяем следующим образом:

```
if (δR = δL = 0) then δR = δL = 1
```

Spatio-Temporal Noise Reduction ASIC for Real-Time Video Processing

GRAPHICS & MEDIA LAB VIDEO GROUP

5. Определяем функцию:

$$Y(i_0, j_0, n) = \begin{cases} Y(i_0, j_0, n) & \text{if } n \in [n_0 - \delta_L, n_0 + \delta_R] \\ Alt\{y_{max}, y_{min}\} & \text{otherwise} \end{cases}$$

6. Считаем результирующее значение пикселя как результат действия медианного фильтра на эту функцию:

$$Y(i_0, j_0, \tilde{n}) = Median\{Y(i_0, j_0, n) \mid n = n_0 - d, \ldots, n_0 + d\}$$

$$\tilde{P}(i_0, j_0, n_0) = P(i_0, j_0, \tilde{n})$$

Denoising: Содержание

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- **Виды шума и их источники**
- **Методы подавления шума**
  - Методы, работающие в пространственной области
  - Методы, работающие во временной области

    (как использующие, так и не использующие компенсацию движения)
  - Методы удаления вертикальных царапин со старых кинопленок
- **MSU Noise Remover**
- **Методы оценки качества шумоподавления**

Методы удаления царапин

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Царапины появляются при повреждении эмульсии на пленке.

Свойства царапин:

- Располагаются обычно вертикально
- Содержатся в нескольких подряд идущих кадрах
- Имеют примерно пять пикселей в ширину

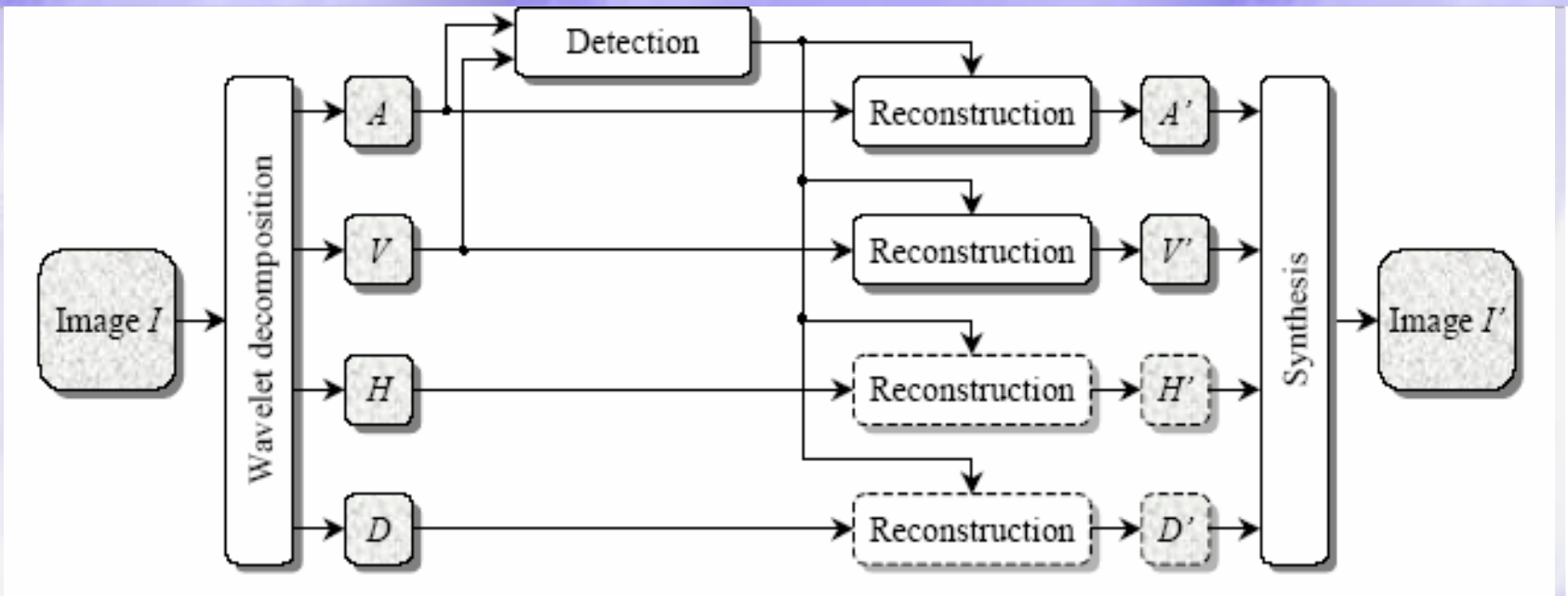
Проблема: как отличить их от вертикальных деталей на изображении?

Удаление царапин с помощью DWT

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Один из методов удаления царапин заключается в анализе коэффициентов, получающихся в результате DWT.
- Его можно применять как в черно-белых, так и цветных изображениях (отдельно применяя к каждой компоненте цвета).

Общая схема



Детектирование царапин производится на основе НЧ-составляющей и одной из ВЧ-составляющих, отвечающей за вертикальные детали.
Восстановление остальных ВЧ-составляющих необязательно.

Алгоритм обнаружения царапин

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Первый шаг:

Считаются суммы значений коффициентов по столбцам ВЧ-составляющей *V* и затем по некоторому порогу из этих сумм выбираются локальные максимумы.

Это сделано того, чтобы далее рассматривать не все изображение, а отдельные области, на которых предположительно может находиться царапина.

Алгоритм обнаружения царапин

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

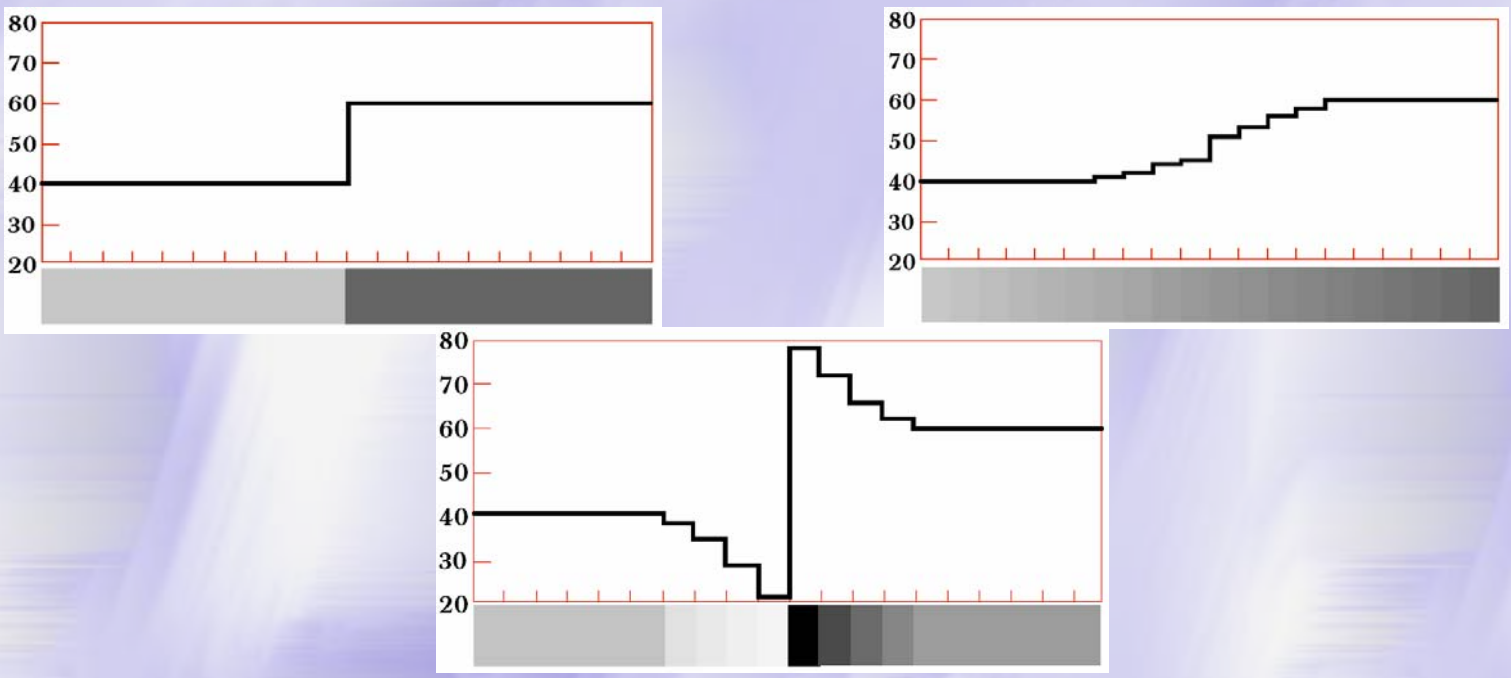
Второй шаг:

1. К НЧ-составляющей ***A*** применяется вертикальный unsharp masking (окно фильтра должно быть больше ширины царапины).
2. Из полученного ***Au*** получают бинарное изображение ***B*** следующим образом:

   if $Au(x,y) > 0$ $B(x,y) = 1$ *else* $B(x,y) = 0$

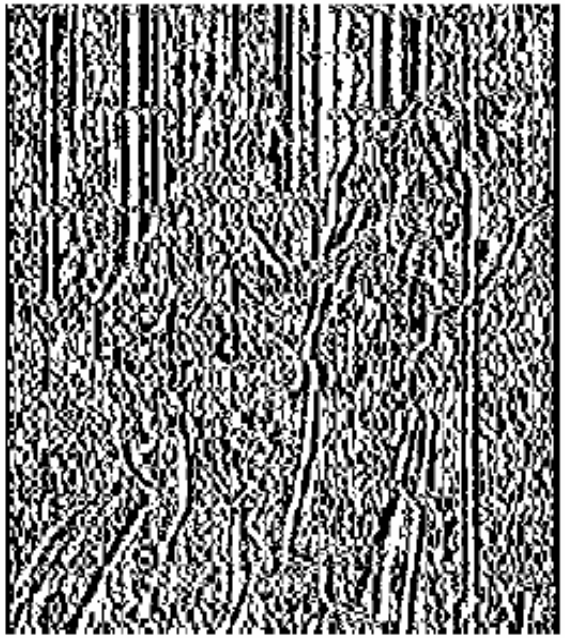
   (это для темных царапин; для светлых – наоборот)
3. По столбцам ***B*** считаются суммы коэффициентов и среди них ищется глобальный максимум. Его x-координата и будет определять положение царапины.

Unsharp masking

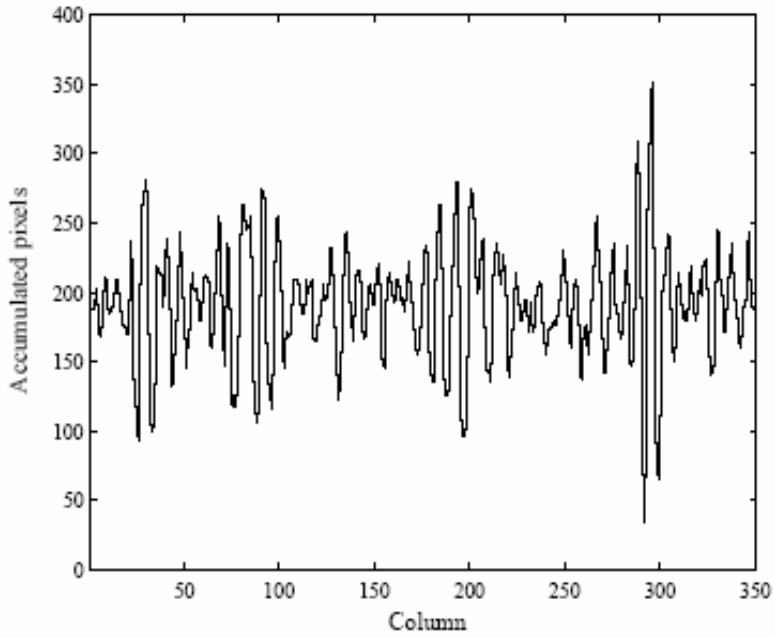


Если пиксель на исходном изображении светлее, чем на размытом, он делается светлее на значение, равное их разнице, иначе он делается темнее на то же значение.

Алгоритм обнаружения царапин



(a)



(b)

Figure 4: Unsharp masking for scratch detection: (a) binary image *B* of Figure 1(b), (b) projection of B with a maximum at the x-position of the scratch.

Удаление царапин

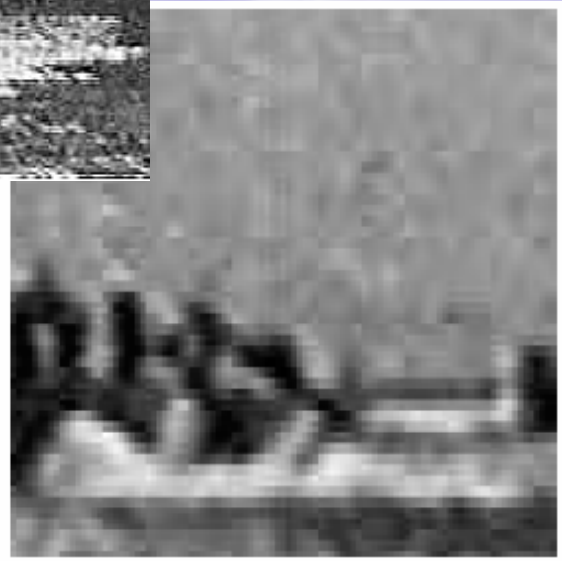
GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Удаление царапины производится отдельно в *A* и *V*.
Вот ряд методов для их удаления:

- Медианный фильтр
- Кубическая интерполяция сплайнами
- Интерполяция полиномами третьей степени

Для *V* лучшие результаты показал медианный фильтр.

Results



(a) (b)

Figure 5: Scratch removal in real imagery: (a) reconstruction result for Figure 1(a), (b) enlarged section of Figure 5(a).

Denoising: Содержание

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- **Виды шума и их источники**
- **Методы подавления шума**
  - Методы, работающие в пространственной области
  - Методы, работающие во временной области

  (как использующие, так и не использующие компенсацию движения)
  - Методы удаления вертикальных царапин со старых кинопленок
- **MSU Noise Remover**
- **Методы оценки качества шумоподавления**

MSU Noise Remover

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Фильтр состоит из 3-х частей:

1. Измерение уровня шума во временной и пространственно областях
2. Временное шумоподавление с использованием ME
3. Пространственное шумоподавление

MSU Noise Remover:
Измерение уровня шума

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

По нескольким выборочным блокам - однородным и не слишком темным/светлым – считается дисперсия, которая и является показателем зашумленности. Для пространственного шумоподавления она считается по кадру, для временного - между кадрами.

Замер уровня шума производится каждые *n* кадров и позволяет фильтру автоматически адаптироваться к уровню шума.

MSU Noise Remover:
Временное шумоподавление

Пикселы текущего кадра смешиваются с пикселами из предыдущего скомпенсированного кадра с некоторым коэффициентом, зависящим от:

- Уровня временного шума
- Качества нахождения скомпенсированного блока
- Разницы между соотв. пикселями и его соседями

$$p_{cur} = k*p_{prev}MC + (1 - k)*p_{cur}, \quad 0 <= k <= 0.5$$

MSU Noise Remover:
Пространственное шумоподавление

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

К различным областям кадра применяются гауссовские матрицы различного радиуса и силы размытия в зависимости от:

- Уровня пространственного шума
- Дисперсии в данной области

MSU Noise Remover:
Results (sharpened)

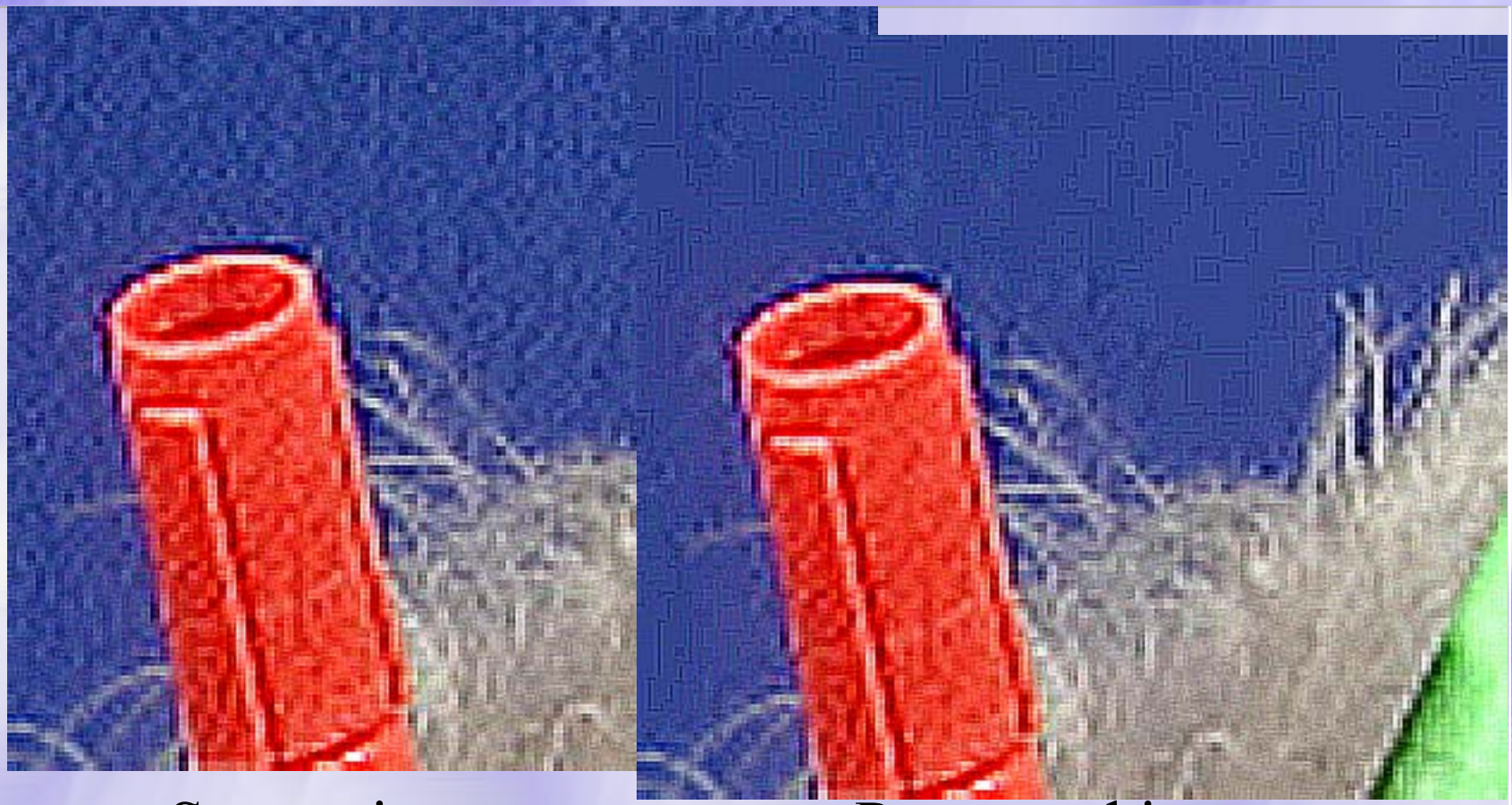
GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Source image

Processed image

MSU Noise Remover:
Results (sharpened)

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP



Source image

Processed image

MSU Noise Remover:
Results (after DivX)

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Source image

Processed image

Denoising: Содержание

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- **Виды шума и их источники**
- **Методы подавления шума**
  - Методы, работающие в пространственной области
  - Методы, работающие во временной области

  (как использующие, так и не использующие компенсацию движения)
  - Методы удаления вертикальных царапин со старых кинопленок
- **MSU Noise Remover**
- **Методы оценки качества шумоподавления**

Методы оценки качества шумоподавления

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- **PSNR** - мера отношения сигнала к шуму (peak-to-peak signal-to-noise ratio):

$$d(x,y) = 10 * \log_{10} \frac{255^2 * n^2}{\sum_{i=1,j=1}^{n,n} (x_{ij} - y_{ij})^2}$$

- **NMSE** - normalized mean square error:

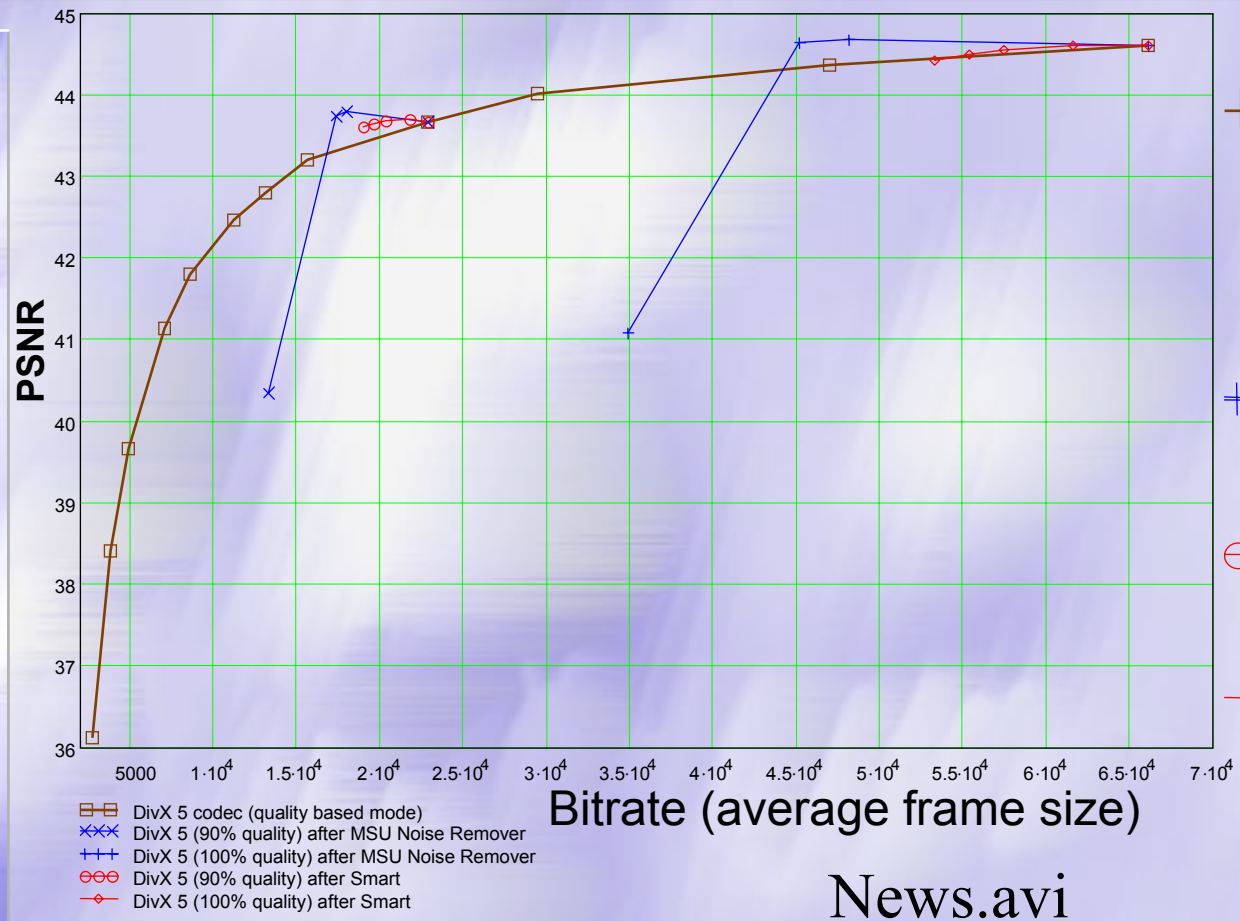
$$NMSE = \frac{\sum_{x=1}^{X} \sum_{y=1}^{Y} (f(x,y) - f_e(x,y))^2}{\sum_{x=1}^{X} \sum_{y=1}^{Y} f(x,y)^2}$$

где $f()$ – исходное изображение

$f_e()$ – обработанное изображение

- Графики **PSNR/Bitrate**

PSNR/Bitrate Diagram



DivX 5 codec (quality based mode)

DivX 5 (90% quality) after MSU Noise Remover

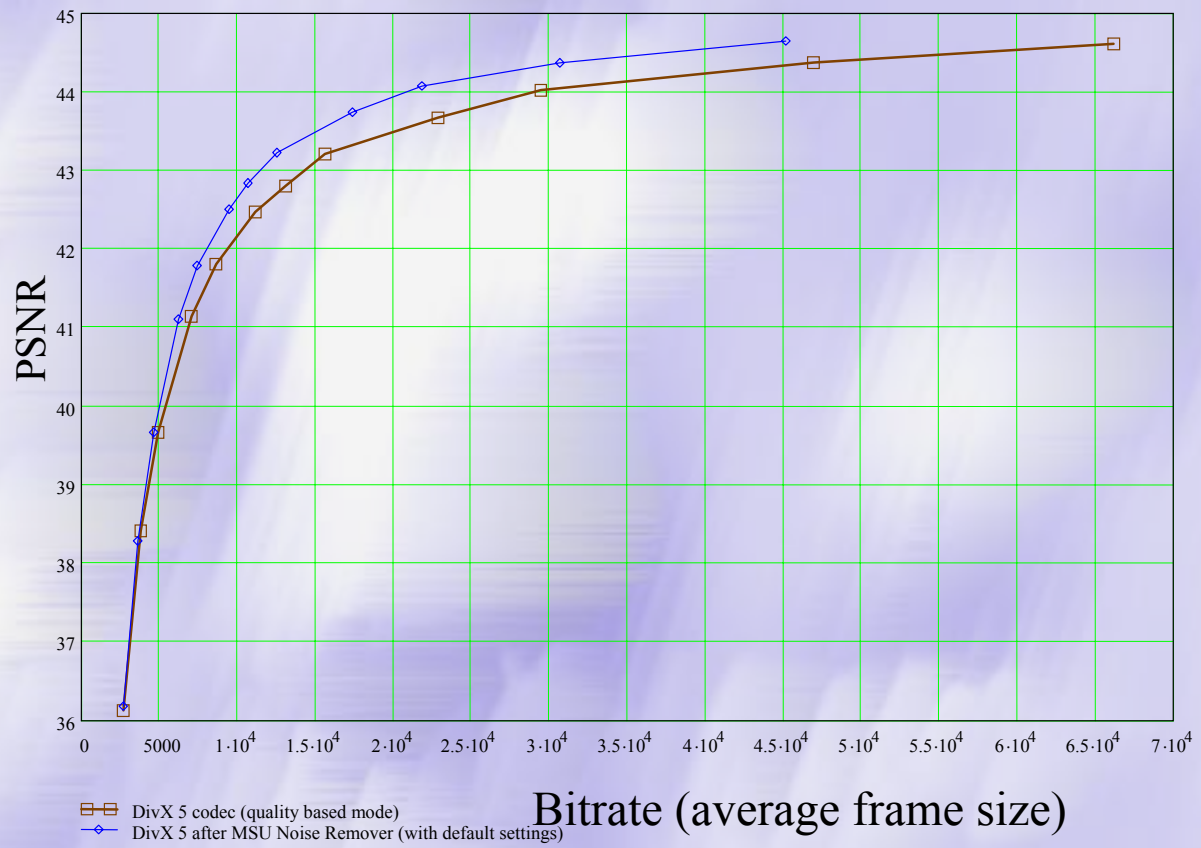
DivX 5 (100% quality) after MSU Noise Remover

DivX 5 (90% quality) after Smart

DivX 5 (100% quality) after Smart

News.avi

PSNR/Bitrate Diagram



DivX 5 codec (quality based mode)

DivX 5 after MSU Noise Remover

News.avi

Шумоподавление и интерлейсинг

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Рассмотрим временное шумоподавление при интерлейсинге
- Проблема: если применять усреднение с предыдущем полем той же четности, то имеем слишком большую разницу во времени (объекты могли сильно сдвинуться). Если же применять усреднение с ближайшим полем другой четности, то теряем вертикальные делали (если только у нас не суперкачественный деинтерлейсинг).
- Решение: разбиваем изображение на 2 частотные полосы и к ним применяются 2 разных способа…

Шумоподавление и интерлейсинг

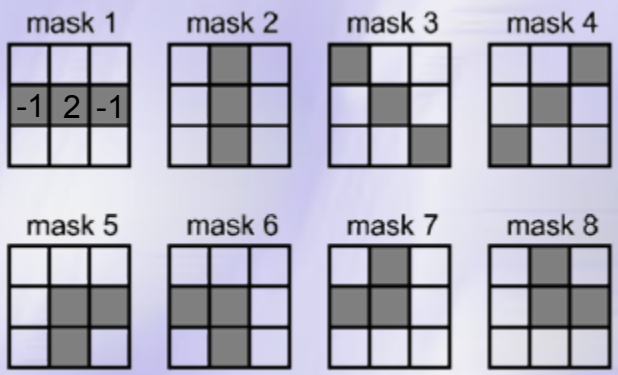
GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Для низких частот: усреднение с использованием предыдущего поля
  - Теряем вертикальное разрешение, но для НЧ это не критично
  - Получаем хорошее разрешение по времени, минимизируем площадь необработанных областей
- Для высоких частот: усреднение с использованием поля той же четности
  - Получаем хорошее разрешение по вертикали → четкое изображение
  - Ухудшается подавление шума, НО: оно и не важно, т.к. глаз практически не чувствителен к шуму на высоких частотах

Edge-directional filtering

- Пространственное шумоподавление: как повысить эффективность размытия?

8 возможных
конфигураций фильтров

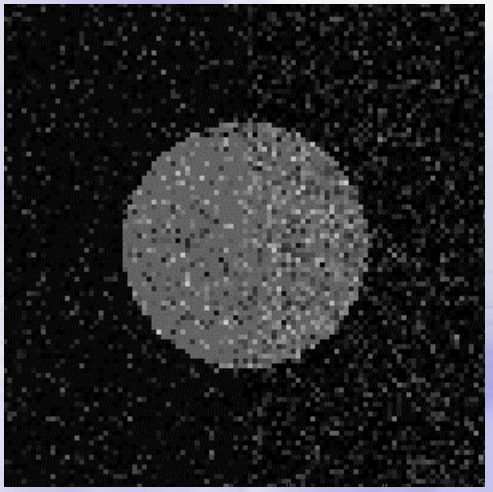
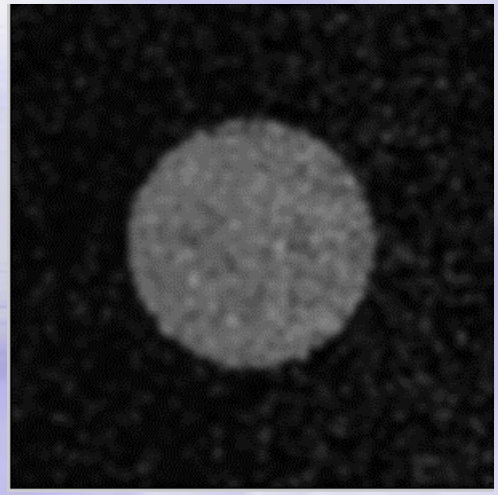
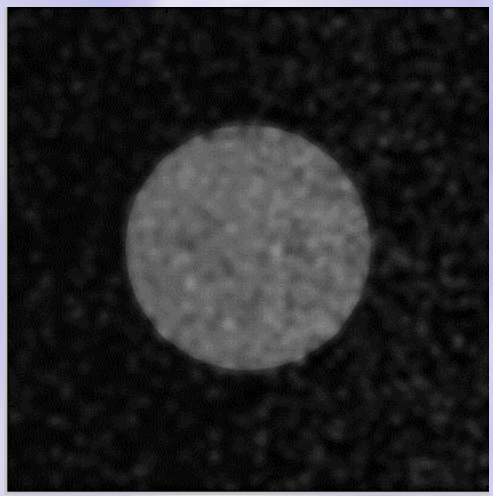


- Размытие вдоль границ изображения
  1. Находим наилучшее направление размытия, вычисляя «производную по направлению»
  2. Проводим фильтрацию, регулируя силу эффекта исходя из наличия границы (величина производной)

Edge kernels

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Адаптация ядра свертки к краям изображения

Анизотропная диффузия

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Карта интенсивности как карта температуры. Моделирование процесса теплопереноса

$$I_t = c \cdot \Delta I$$

- Решение ур-я теплопроводности

$$I(x, y, t) = \iint I(x', y', 0) G(x, x', y, y', t) dx' dy'$$

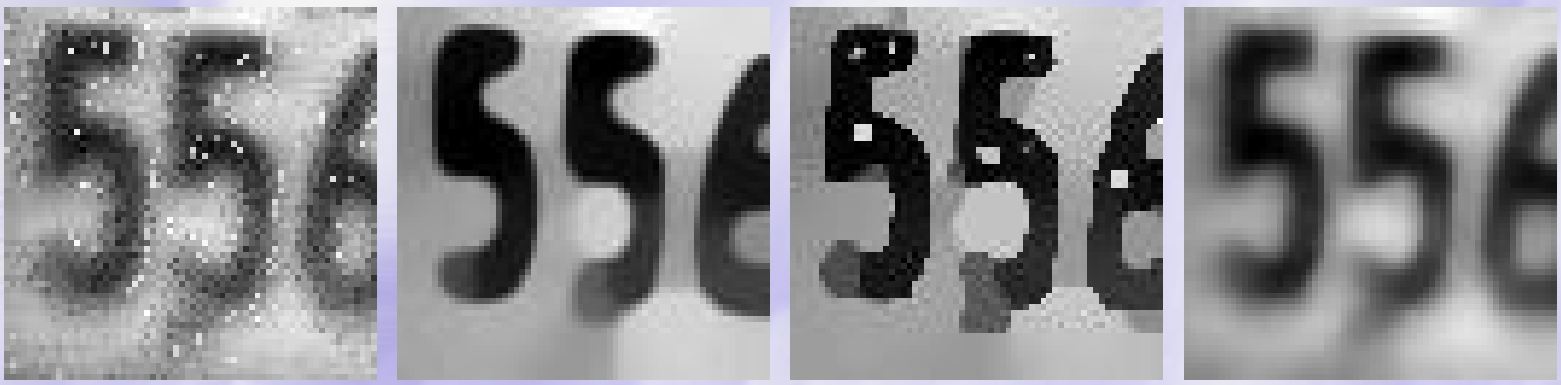
- Пусть коэффициент теплопроводности зависит от градиента интенсивности изображения

$$c(\nabla I) = \exp\left(-\left(\frac{|\nabla I|}{k} \right)^2 \right)$$

Анизотропная диффузия

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

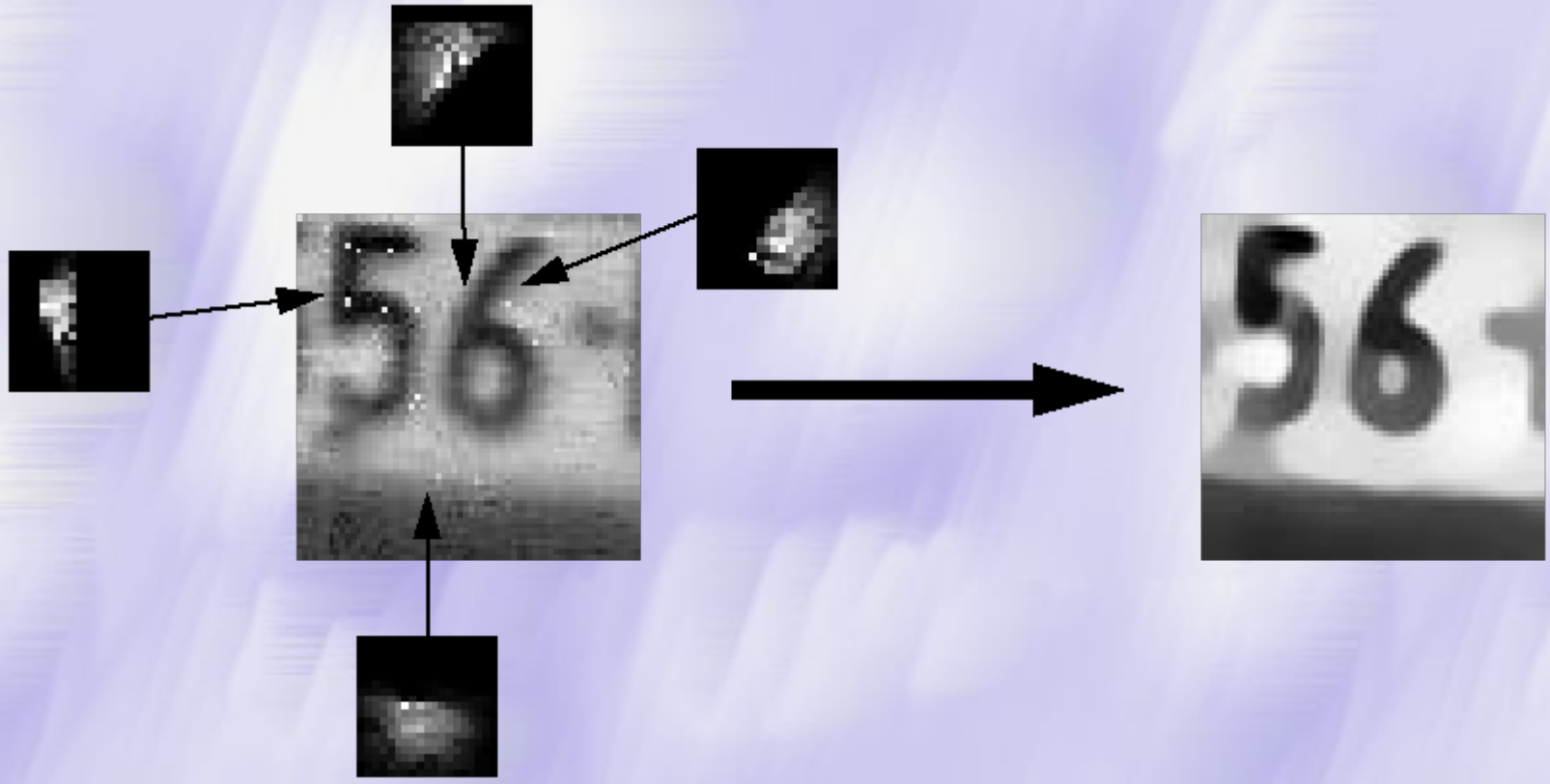
- Проблемы: решение дифференциального уравнения неизвестно → нужно интегрировать численно → медленный итерационный метод



Анизотропная диффузия

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Эквивалентные ядра свертки



Список литературы

1. "Combined Wavelet Domain and Temporal Video Denoising" Aleksandra Pizurica, Vladimir Zlokolica and Wilfried Philips
2. "Noise Reduction in Video Sequences Using Wavelet-Domain and Temporal Filtering" Aleksandra Pizurica, Vladimir Zlokolica and Wilfried Philips
3. "Television noise reduction ic" G. de Haan, T.G. Kwaaitaal-Spassova, M.M. Larragy, O.A. Ojo, and R.J. Schutten
4. "Noise filtering for television receivers with reduced memory" R. J. Schutten, G. de Haan and A. H. M. van Roermund
5. "Automatic 2-D and 3-D noise filtering for high-quality television receivers" G. de Haan, T. G. Kwaaitaal-Spassova and O.A. Ojo
6. "A two-pass median-like filter for impulse noise removal in multi-channel images" Szymon Grabowski, Wojciech Bieniecki
7. "Removal of Vertical Scratches in Digitised Historical Film Sequences Using Wavelet Decomposition" T. Bretschneider, O. Kao, P.J. Bones
8. "A New Algorithm for Image Noise Reduction using Mathematical Morphology" Richard Alan Peters, IEEE Transactions on Image Processing, May 1995
9. "Spatio-Temporal Noise Reduction ASIC for Real-Time Video Processing" Hakan Norell, Bengt Oelmann and Youshi Xu

Deblocking: Содержание

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Понятие блокинга и возможные стратегии деблокинга
- Алгоритмы деблокинга
  - 4-х пиксельный
  - 6-ти пиксельный метод
  - Алгоритм фильтра Ffdshow
  - Modeled Low Pass Filter
  - Adaptive Low Pass Filter
- Алгоритм MSU Media Lab
- Сравнение описанных алгоритмов

Понятие блокинга

Причины блочности

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Возникает при кодировании на низких битрейтах при использовании алгоритмов, основанных на DCT
- Деблокинг still images и video – два абсолютно разных направления
- Особенности деблокинга видео:
  - Критическое значение имеет скорость алгоритма
  - Сила блочности меняется во времени

Понятие блокинга

Примеры

Battle.avi

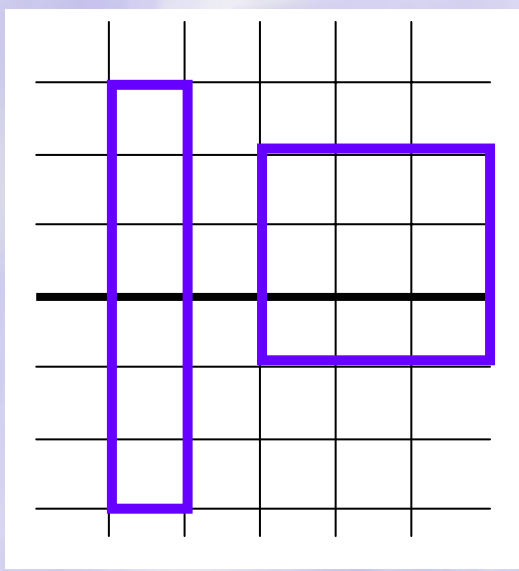
IceAge.avi

Blocked frames

Понятие блокинга

Возможные стратегии деблокинга

- Обработка одной строки(столбца) на границе для каждого пикселя
- Использование шаблона
- Оценка параметров кодирования и ее использование при обработке границы блоков
- Использование Вейвлет преобразования



Deblocking: Outline

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Понятие блокинга и возможные стратегии деблокинга
- Алгоритмы деблокинга
  - 4-х пиксельный
  - 6-ти пиксельный метод
  - Алгоритм фильтра Ffdshow
  - Modeled Low Pass Filter
  - Adaptive Low Pass Filter
- Алгоритм MSU Media Lab
- Сравнение описанных алгоритмов

Алгоритмы деблокинга

Основные требования

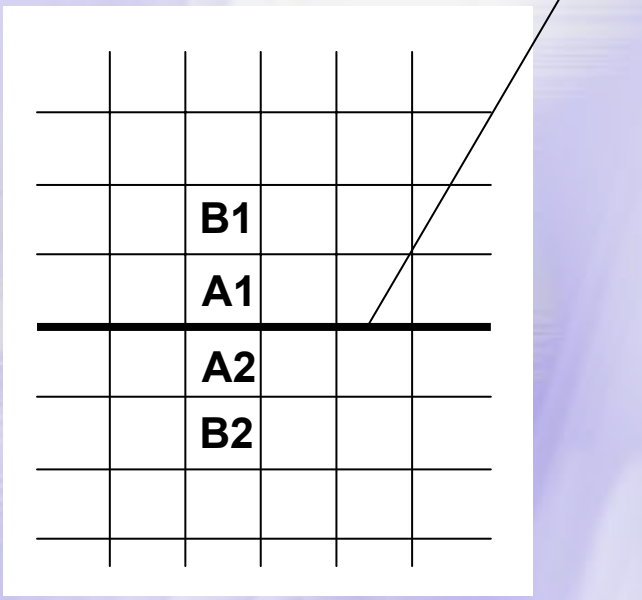
GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Алгоритм деблокинга должен удовлетворять следующим требованиям:

- Сглаживать блочность
- Оставлять неизменными края объектов

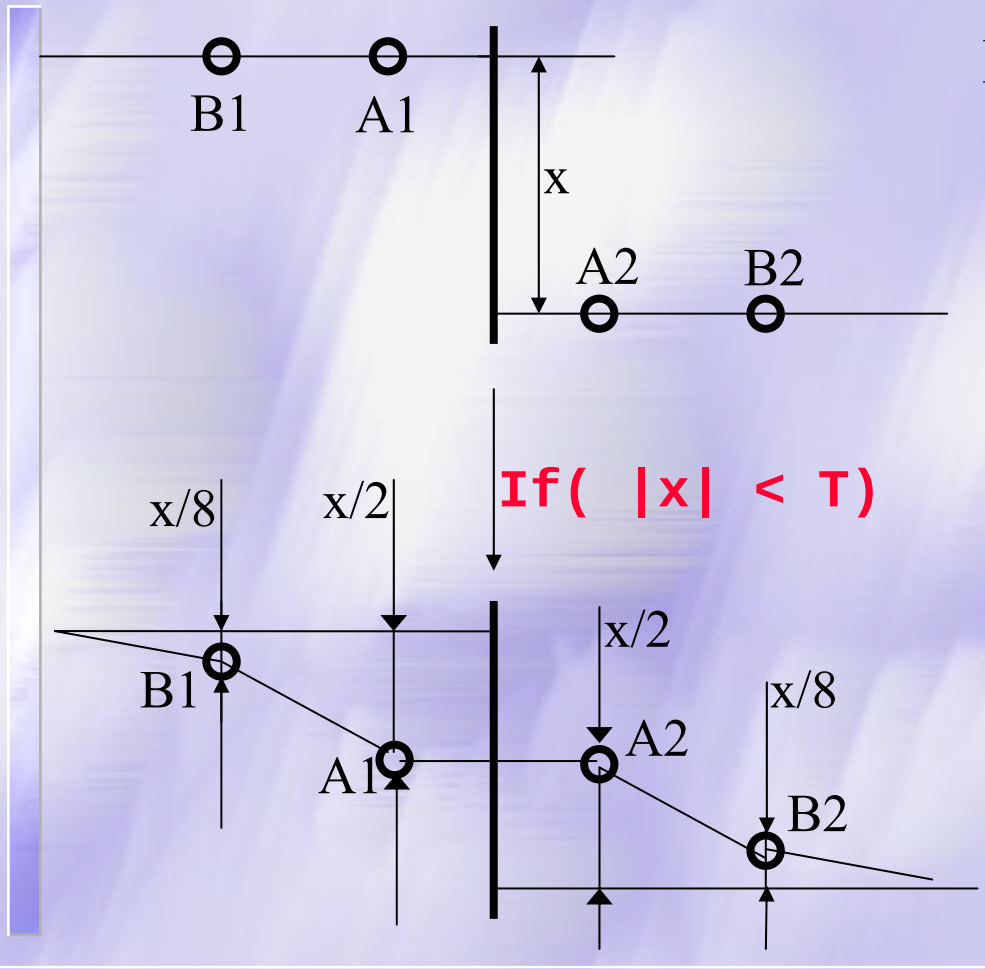
Очевидно, что требования - противоречивые

4-х пиксельный метод




```
X=A1-A2
If( |x| < T )
{
        B1 -= x/8
        A1 -= x/2
        A2 += x/2
        B2 += x/8
}
```

4-х пиксельный метод (2)



Недостатки:

- ✓ Артефакты
- ✓ Пространственная локализованность
- ✓ Отсутствие адаптивности

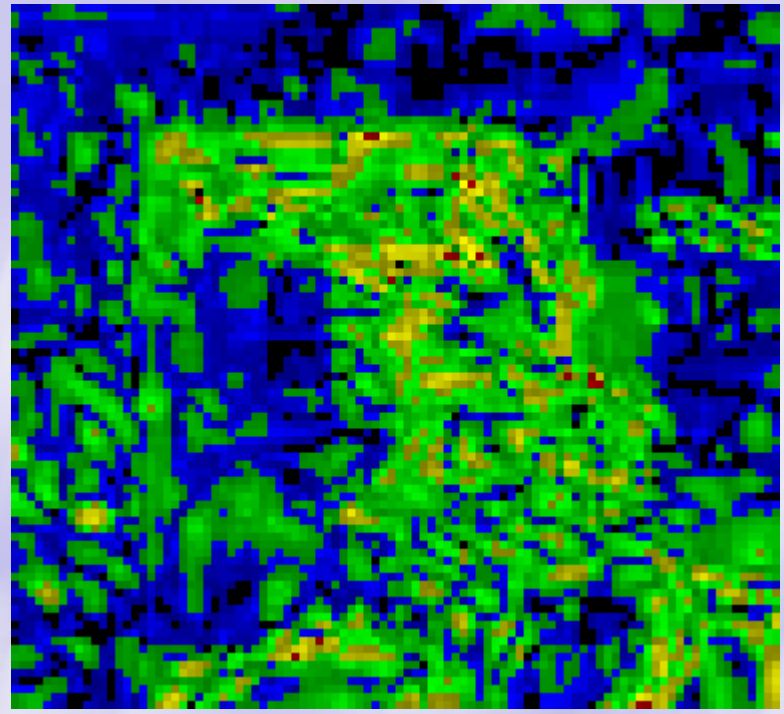
4-х пиксельный метод (3)

Battle.avi

T = 80

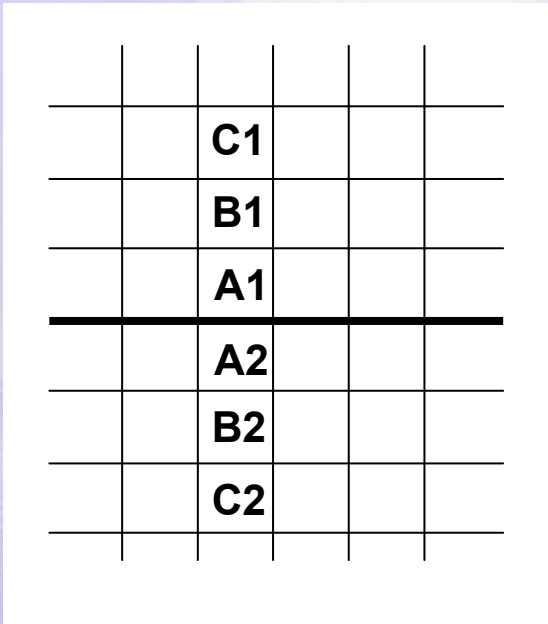
4-х пиксельный метод (4)

T = 80



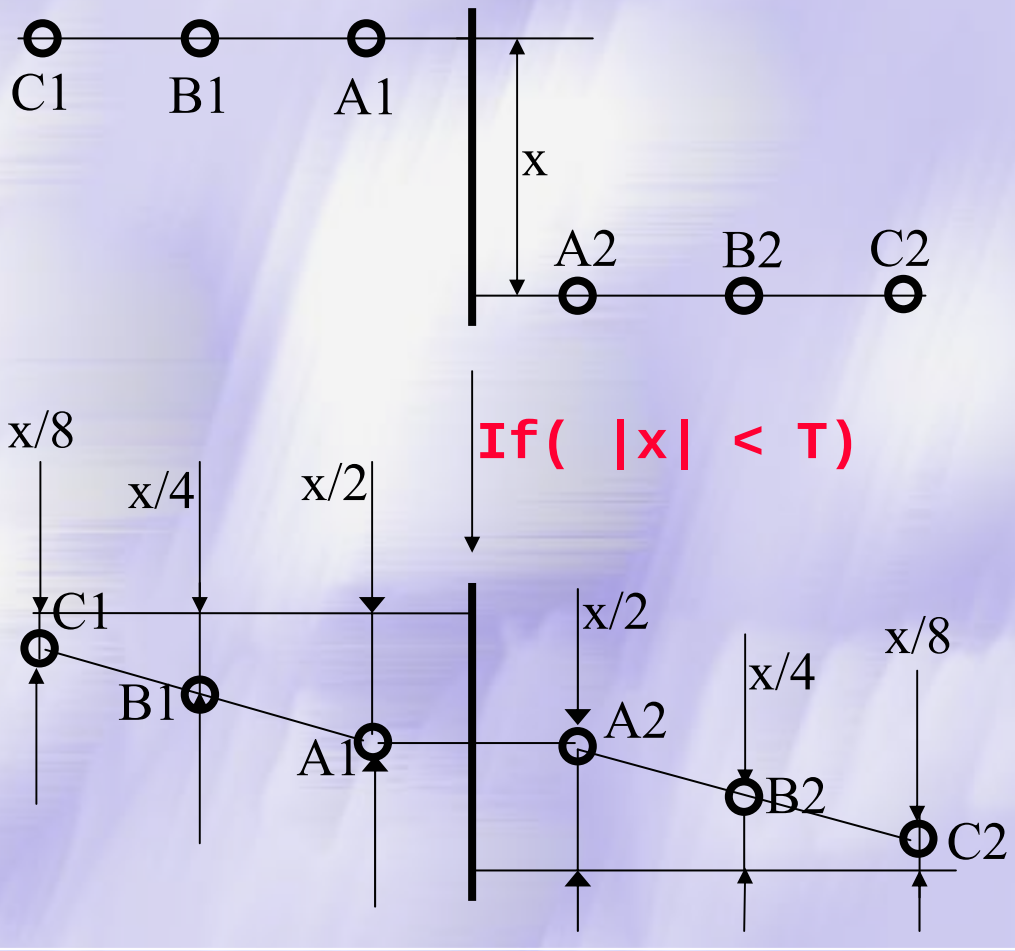
Y-PSNR = 32.03 db

6-ти пиксельный метод




```
x = A1 – A2
If( |x| < T )
{
        C1 -= x/8
        B1 -= x/4
        A1 -= x/2
        A2 += x/2
        B2 += x/4
        C2 += x/8
}
```

6-ти пиксельный метод (2)



Краткое описание:

- ✓ Те же недостатки, что и у 4-х пиксельного
- ✓ Применяется в случае более сильной блочности

6-ти пиксельный метод (3)

Battle.avi

6-Pixel, T = 40

6-ти пиксельный метод (4)

Сравнение с 4-х пиксельным алгоритмом

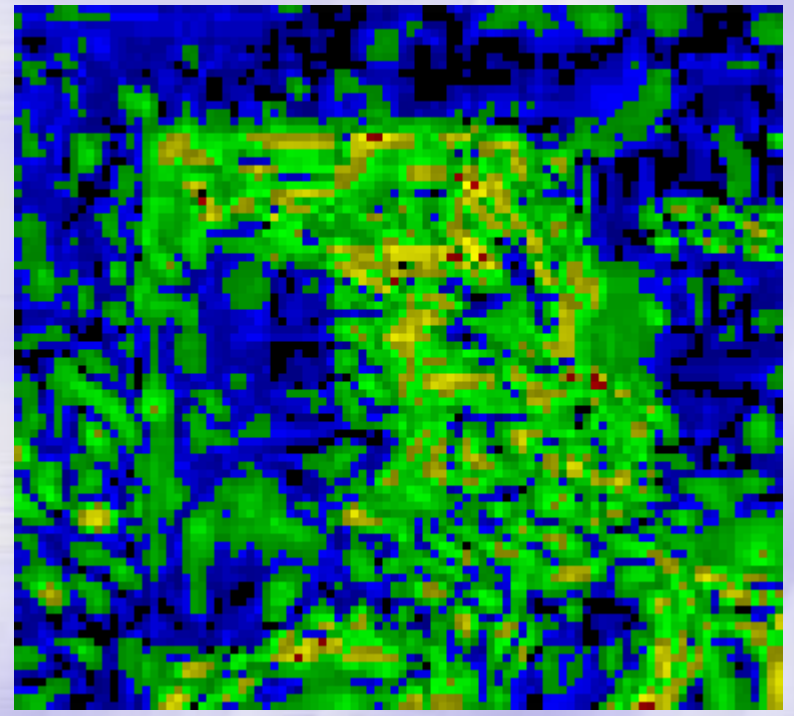
4-Pixel, T = 80

6-Pixel, T = 40

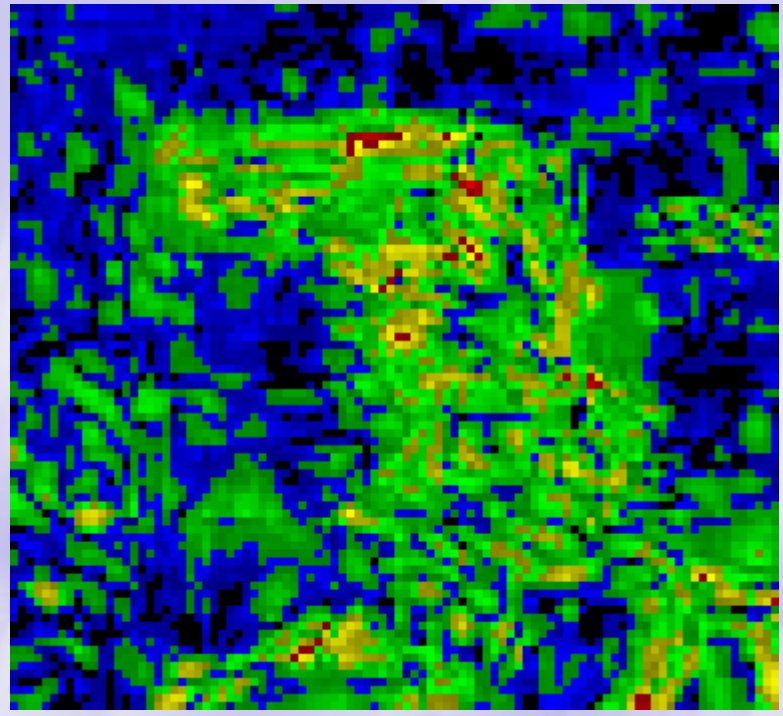
6-ти пиксельный метод (5)

Сравнение с 4-х пиксельным алгоритмом

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP



4-Pixel: Y-PSNR = 32.03



6-Pixel: Y-PSNR = 32.06

Метод фильтра Ffdshow

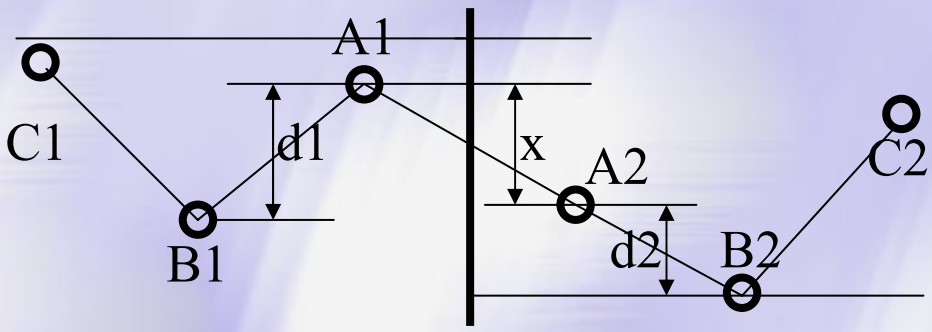
GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Описание алгоритма:

1. Оценка силы блочности
2. Выбор длины фильтра в зависимости от силы блочности(4-х или 6-пиксельный алгоритм)
3. Анализ присутствия детали
4. Если детали нет, то обработка границы выбранным алгоритмом

“A Simple and Efficient Deblocking Algorithm for Low Bit-RateVideo Coding”, K. Ramkishor, Pravin Karandokar

Метод фильтра Ffdshow(2)




```
d1=A1-B1
d2=A2-B2
If( |d1| + |d2| < 5 )
      6Pixel( 2*T )
Else 4Pixel( 1.5*T )
```

- ✓ **Оценка силы блочности:**

```
|d1| + |d2| < 5
```

- ✓ **Анализ присутствия детали:**
  пороги в базовых алгоритмах

Метод фильтра Ffdshow(3)

Battle.avi

Ffdshow: T = 60

Метод фильтра Ffdshow(4)

Сравнение с 6-ти пиксельным алгоритмом

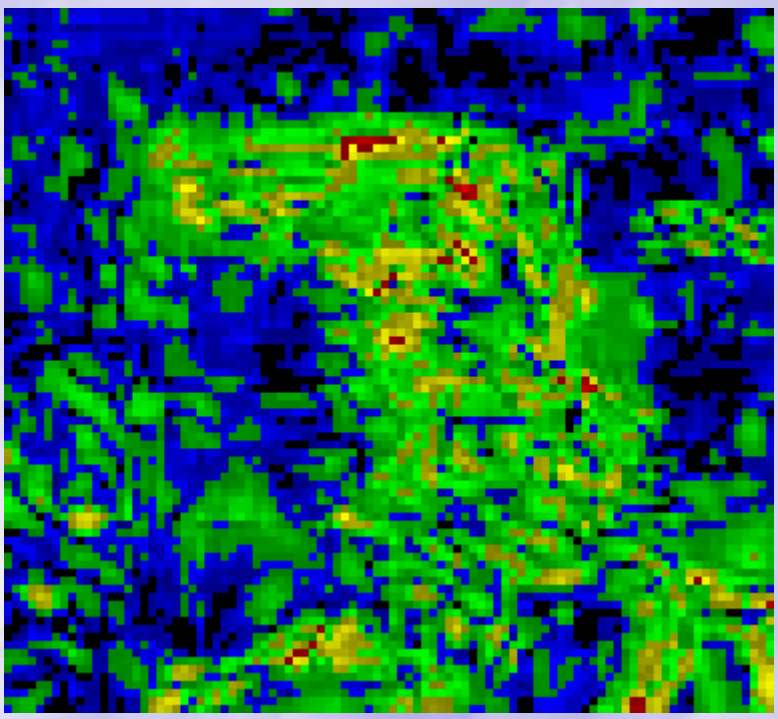
6-Pixel, T = 40

Ffdshow: T = 60

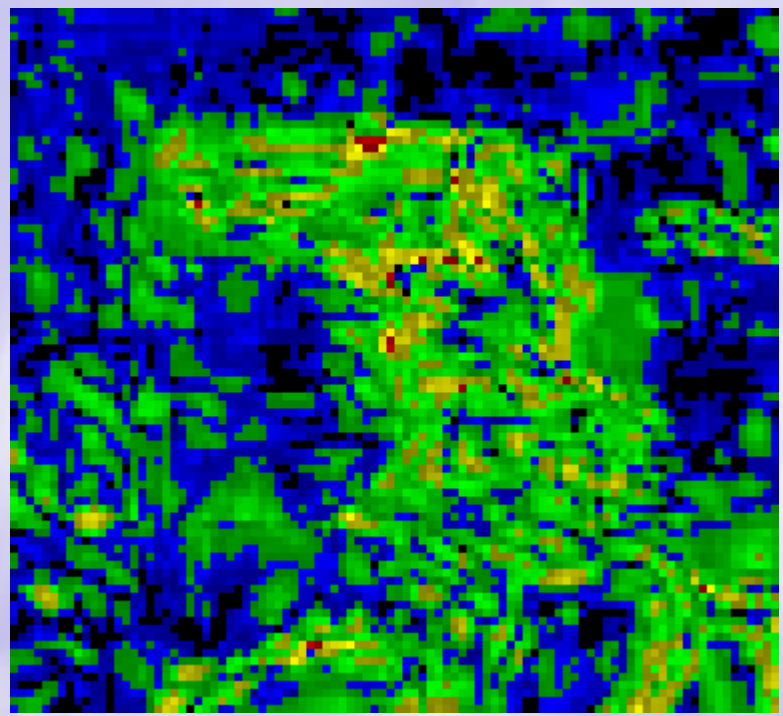
Метод фильтра Ffdshow(5)

Сравнение с 6-ти пиксельным алгоритмом

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP



6-Pixel: Y-PSNR = 32.06



FFdshow: Y-PSNR = 32.15

Modeled Lowpass Filter

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

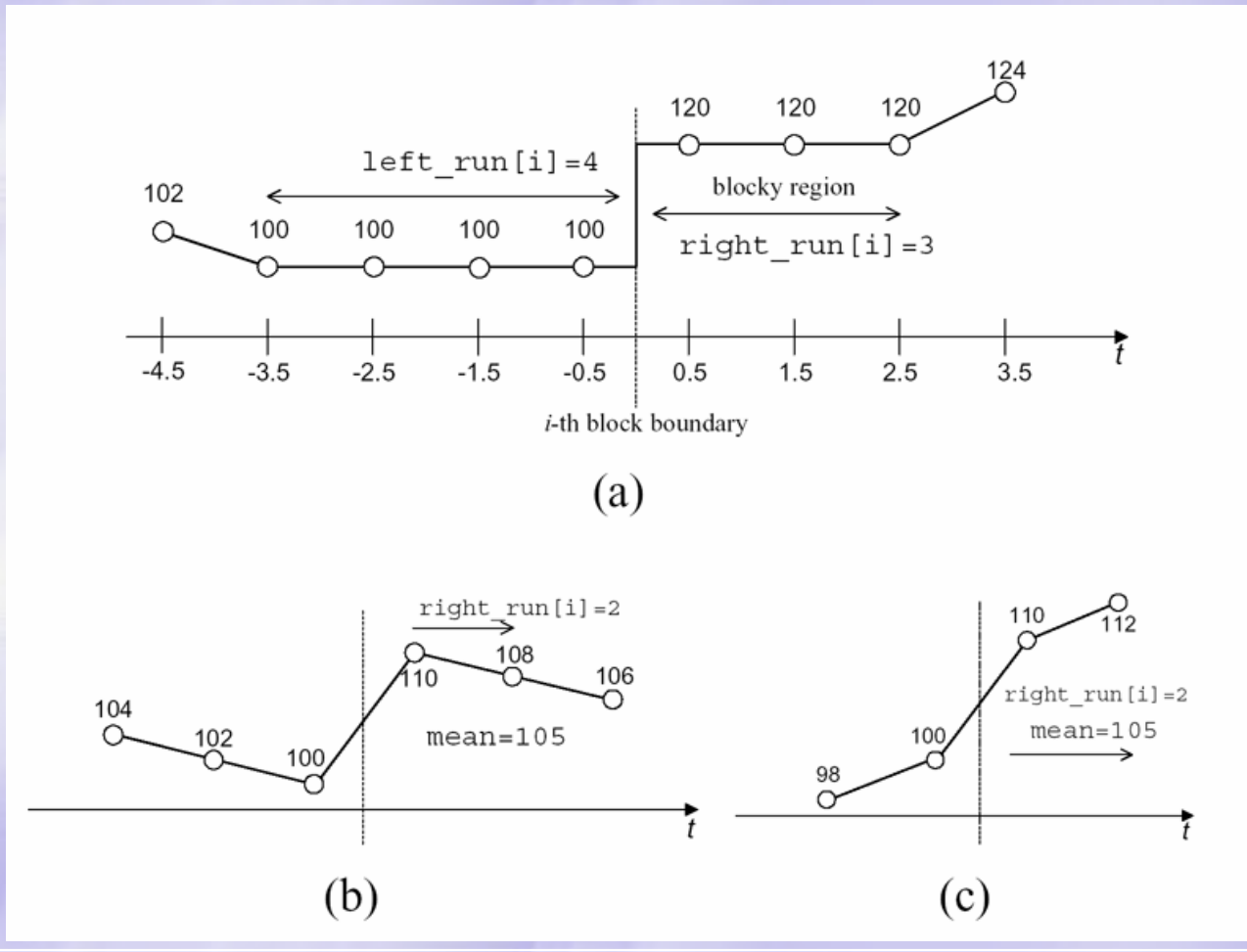
Общая идея алгоритма:

1. С каждой стороны границы определяется число пикселей, подлежайщих обработке
2. Выход фильтра зависит от выбранной модели (модель – функция, используемая для фильтрации)

Пример модели: $y(t) = A(1 - e^{-\lambda t}).$

Modeled Lowpass Filter(2)

Типы границ



(a) - Flat boundary

(b), (c) - NonFlat boundary

Modeled Lowpass Filter(4)

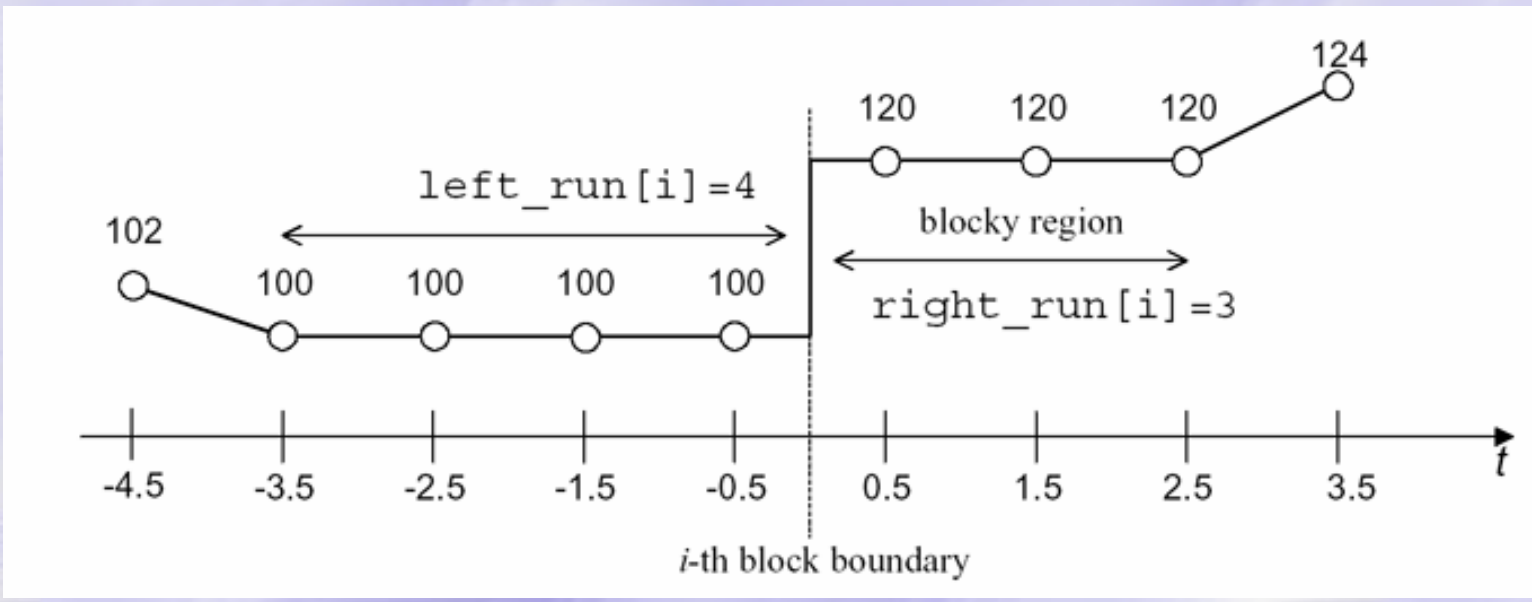
Длина области с блочностью

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Flat boundary – количество одинаковых пикселей в каждом блоке
- NonFlat boundary – если разница между первыми двумя пикселями в к-л. блоке вдвое меньше разницы между пикселями на границе блока, то кол-во обрабатываемых пикселей – 2, иначе - 1

Modeled Lowpass Filter(3)

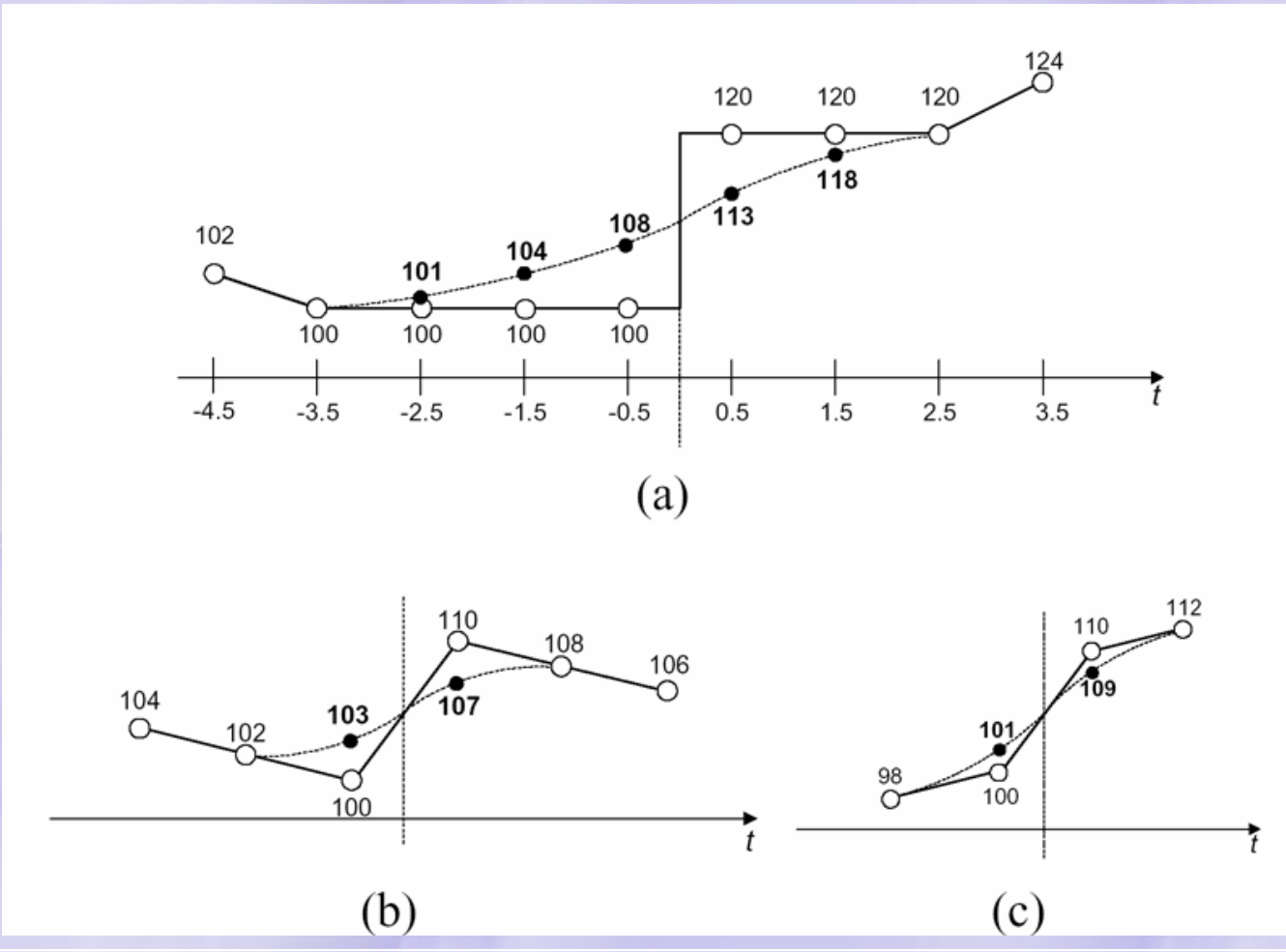
Пример модели



$$y(t) = \begin{cases} 110 + 10\sin\left(\dfrac{\pi t}{2(\texttt{right\_run}-0.5)}\right), & t \geq 0 \\ 110 - 10\sin\left(\dfrac{-\pi t}{2(\texttt{left\_run}-0.5)}\right), & t < 0 \end{cases}$$

Modeled Lowpass Filter(5)

Пример работы



Modeled Lowpass Filter(6)

Пример работы

Blocked frame

Deblocked

Modeled Lowpass Filter(7)

Сравнение

Crouse

Proposed

Adaptive LowPassFilter

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Общая идея алгоритма:

1. Фильтрация в диагональном направлении
2. Фильтрация по горизонтали и вертикали

Adaptive LowPassFilter(2)

Фильтрация по диагонали

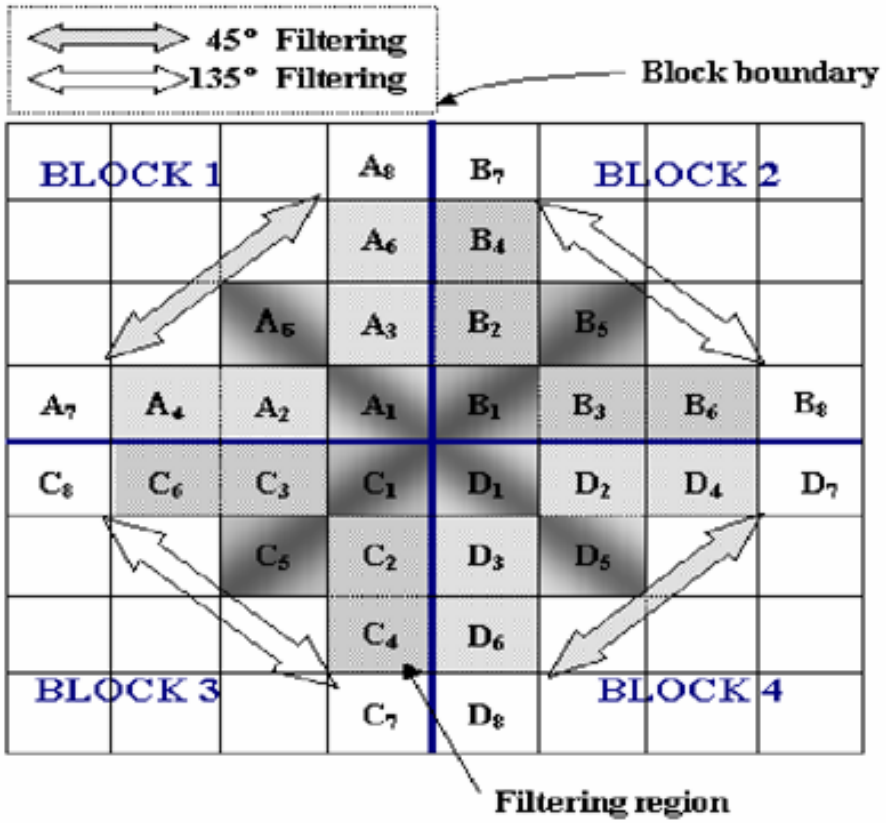
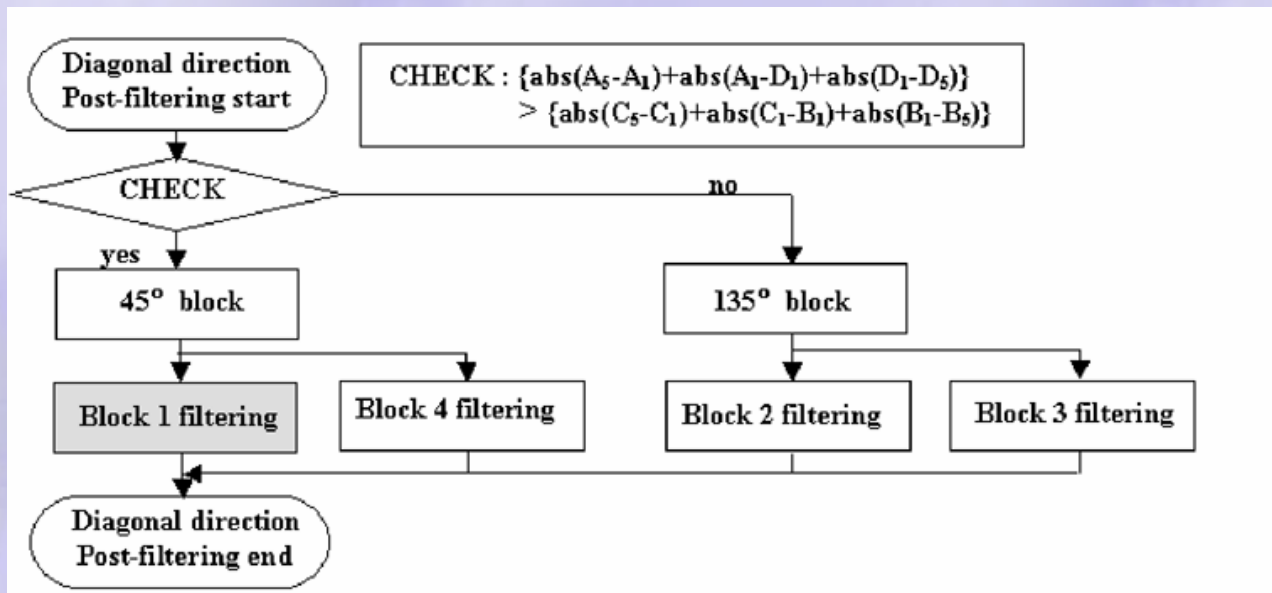


Figure 1. The filtering region and pixel difference in the diagonal direction

Adaptive LowPassFilter(3)

Фильтрация по диагонали



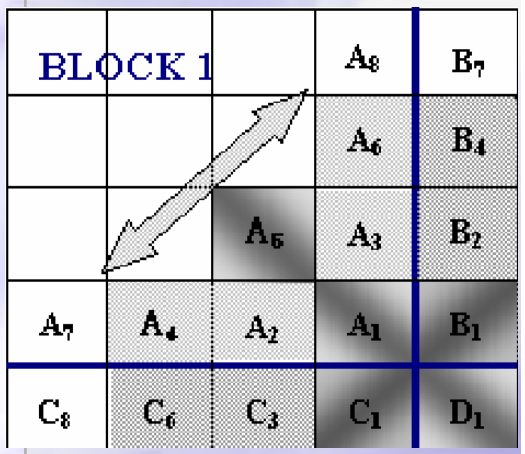
(a) The filtering procedure for diagonal direction.

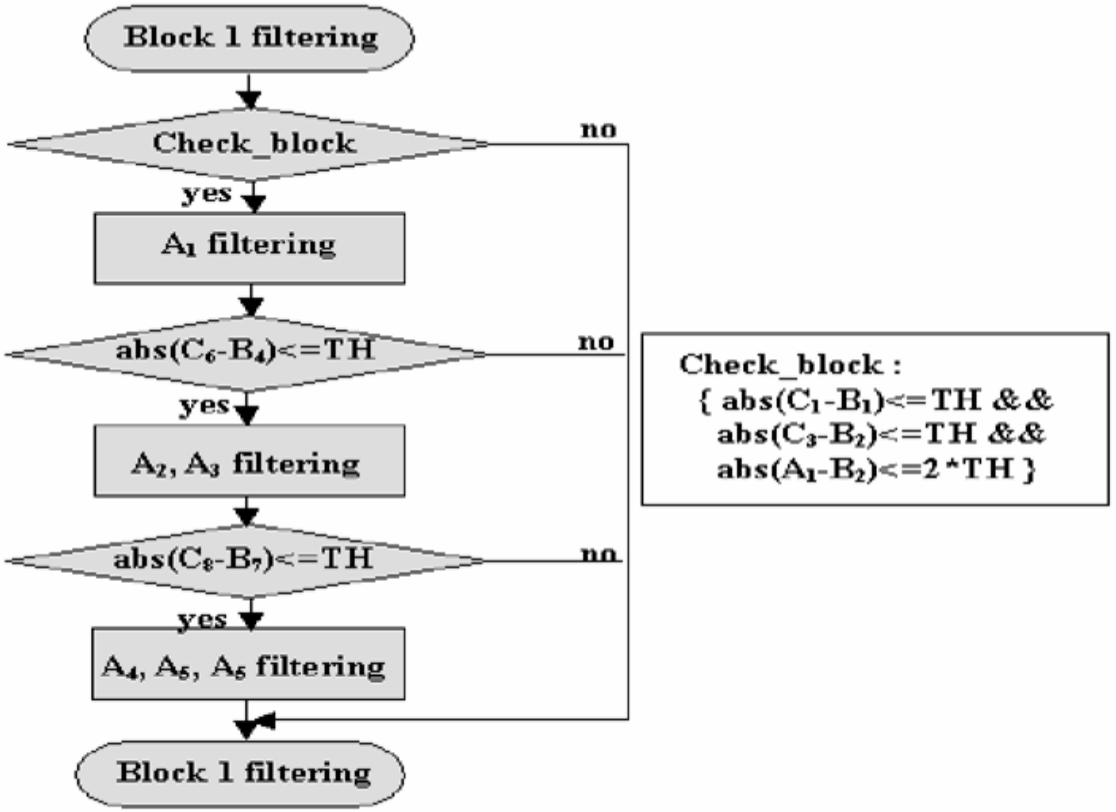
$$If\,(CHECK) = \begin{cases} The\ filtering\ for\ 135^{\circ}\ direction,\ when\ CHECK = 1 \\ The\ filtering\ for\ 45^{\circ}\ direction,\ when\ CHECK = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$CHECK: \{abs(A_5 - A_1) + abs(A_1 - D_1) + abs(D_1 - D_5)\} > \{abs(C_5 - C_1) + abs(C_1 - B_1) + abs(B_1 - B_5)\}$$

Adaptive LowPassFilter(4)

Фильтрация по диагонали

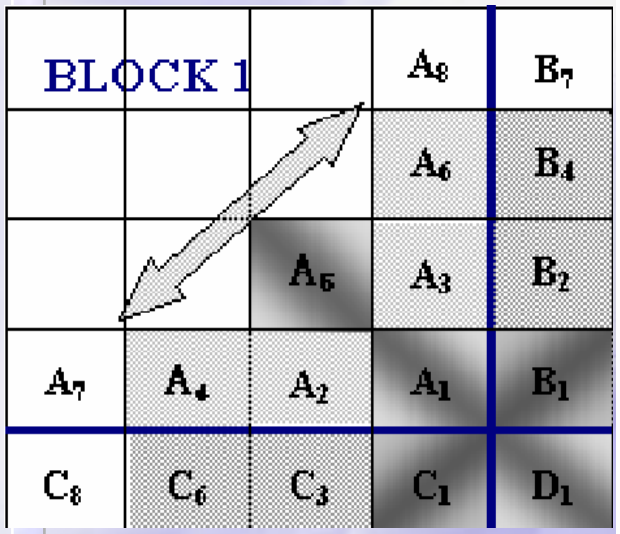




(b)The filtering procedure for *BLOCK1*

Adaptive LowPassFilter(4)

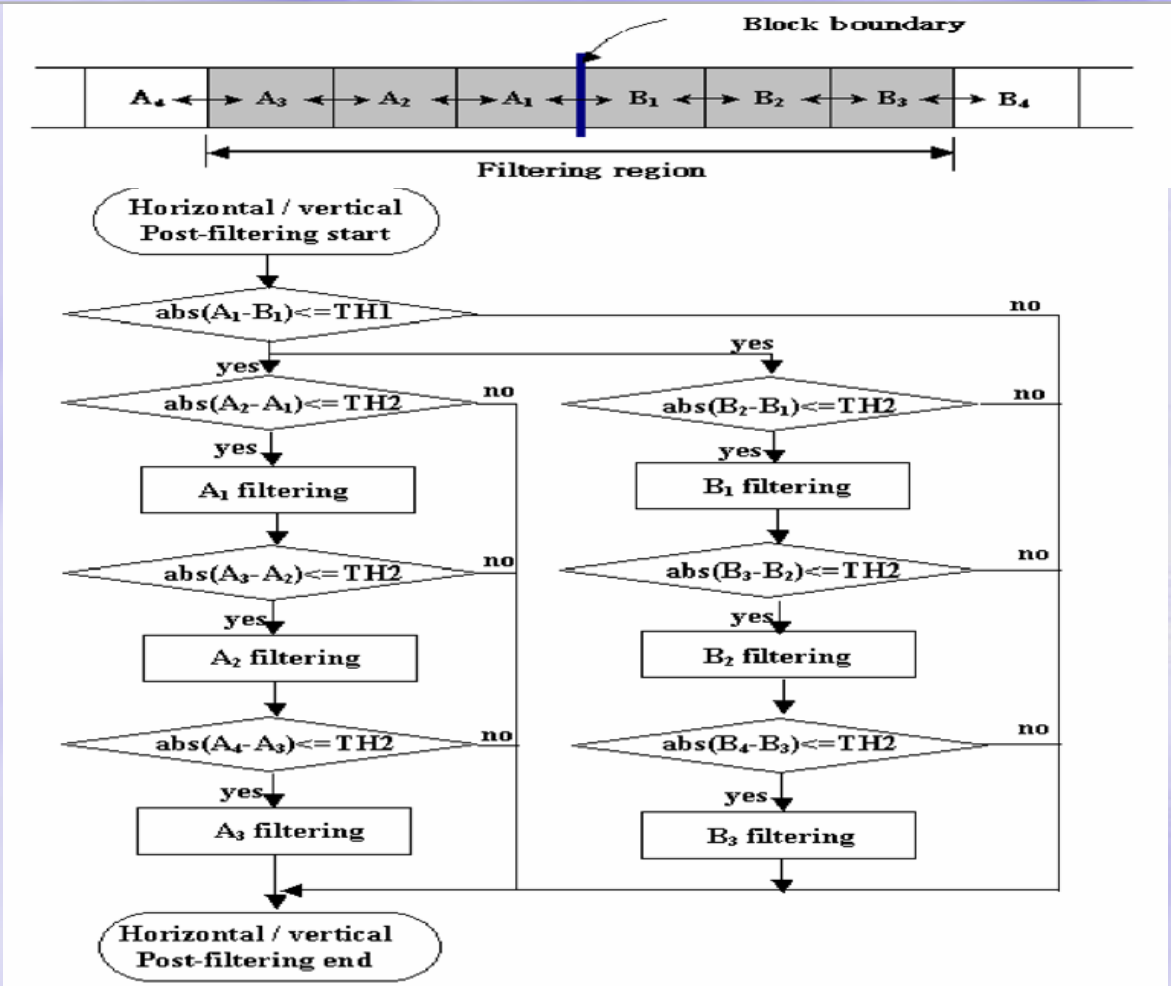
Фильтрация по диагонали



$$
\begin{cases}
A_1 \text{ filtering} : A_1' = [C_3 \;\; A_1 \;\; B_2] \bullet [1 \;\; 2 \;\; 1]^T \;//\; 4 \\
A_2 \text{ filtering} : A_2' = [C_6 \;\; A_2 \;\; A_3] \bullet [1 \;\; 2 \;\; 1]^T \;//\; 4 \\
A_3 \text{ filtering} : A_3' = [A_2' \;\; A_3 \;\; B_4] \bullet [1 \;\; 2 \;\; 1]^T \;//\; 4 \\
A_4 \text{ filtering} : A_4' = [C_8 \;\; A_4 \;\; A_5] \bullet [1 \;\; 2 \;\; 1]^T \;//\; 4 \\
A_5 \text{ filtering} : A_5' = [A_4' \;\; A_5 \;\; A_6'] \bullet [1 \;\; 2 \;\; 1]^T \;//\; 4 \\
A_6 \text{ filtering} : A_6' = [A_5 \;\; A_6 \;\; B_7] \bullet [1 \;\; 2 \;\; 1]^T \;//\; 4
\end{cases}
$$

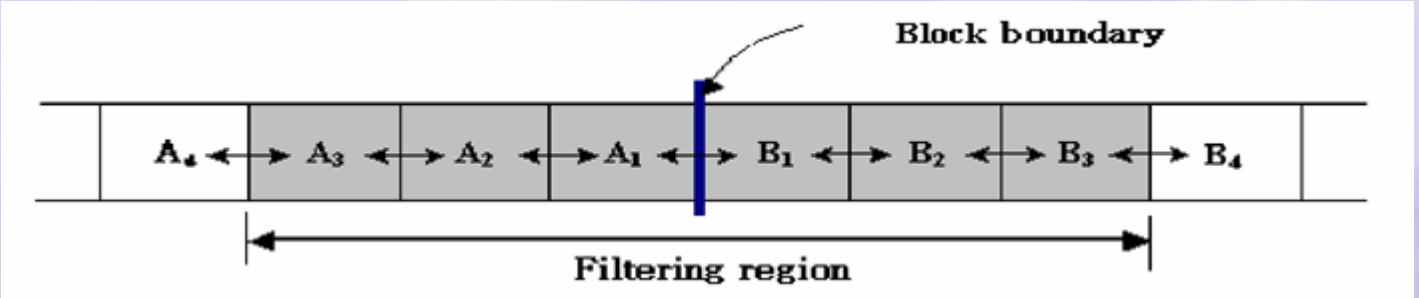
Adaptive LowPassFilter(5)

Фильтрация по горизонтали и вертикали



Adaptive LowPassFilter(6)

Фильтрация по горизонтали и вертикали



$$\begin{cases} A_1\ filtering: A_1' = [A_2 \;\; A_1 \;\; B_1] \bullet [1 \;\; 2 \;\; 1]^T \,//\, 4 \\ A_2\ filtering: A_2' = [A_3 \;\; A_2 \;\; A_1'] \bullet [1 \;\; 2 \;\; 1]^T \,//\, 4 \\ A_3\ filtering: A_3' = [A_4 \;\; A_3 \;\; A_2'] \bullet [1 \;\; 2 \;\; 1]^T \,//\, 4 \end{cases}$$

Adaptive LowPassFilter(7)

Рекомендуемые пороги

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

For intra-frame:

$$\begin{cases} Horizontal,\ vertical\ \ direction \begin{cases} TH\ 1 = \lfloor 2.5 \times QP \rfloor \\ TH\ 2 = \lfloor 1.5 \times QP \rfloor \end{cases} \\ diagonal\ \ direction : TH = 2 \times QP \end{cases}$$

For inter-frame:

$$\begin{cases} Horizontal,\ vertical\ \ direction \begin{cases} TH\ 1 = 2 \times QP \\ TH\ 2 = 1 \times QP \end{cases} \\ diagonal\ \ direction : TH = 2 \times QP \end{cases}$$

Adaptive LowPassFilter(8)

Обработка intra-frame'ов

Intra-frame

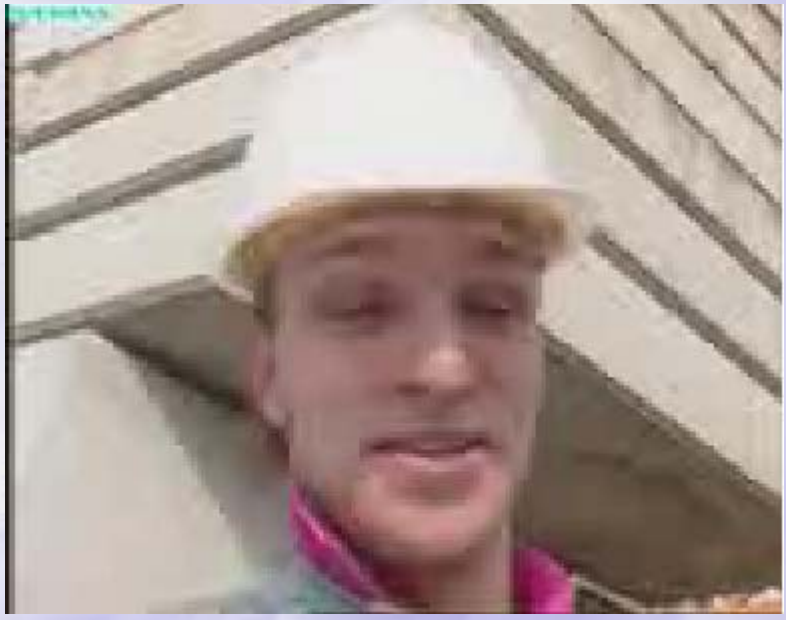
Deblocked frame

Adaptive LowPassFilter(9)

Сравнение с H.263 post-processing

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Intra-frame



H.263 post-processing

Proposed

Adaptive LowPassFilter(10)

Обработка inter-frame'ов

Inter-frame

Deblocked frame

Adaptive LowPassFilter(11)

Сравнение с H.263 post-processing

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

Inter-frames

H.263 post-processing

Proposed

Deblocking: Outline

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Понятие блокинга и возможные стратегии деблокинга
- Алгоритмы деблокинга
  - 4-х пиксельный
  - 6-ти пиксельный метод
  - Алгоритм фильтра Ffdshow
  - Modeled Low Pass Filter
  - Adaptive Low Pass Filter
- Алгоритм MSU Media Lab
- Сравнение описанных алгоритмов

MSU Deblocking

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

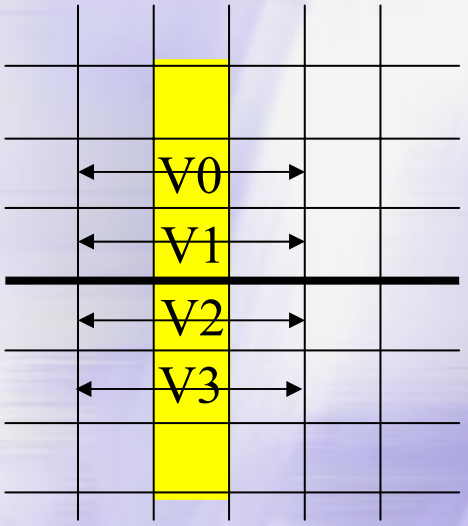
Идея алгоритма:

- Использование метрики блочности
- Для некоторых кадров вычисляется среднее значение метрики
- В зависимости от вычисленного среднего значения выбирается алгоритм обработки текущего кадра
- Каждый пиксель обрабатывается согласно значению метрики в данной точке

MSU Deblocking (2)

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

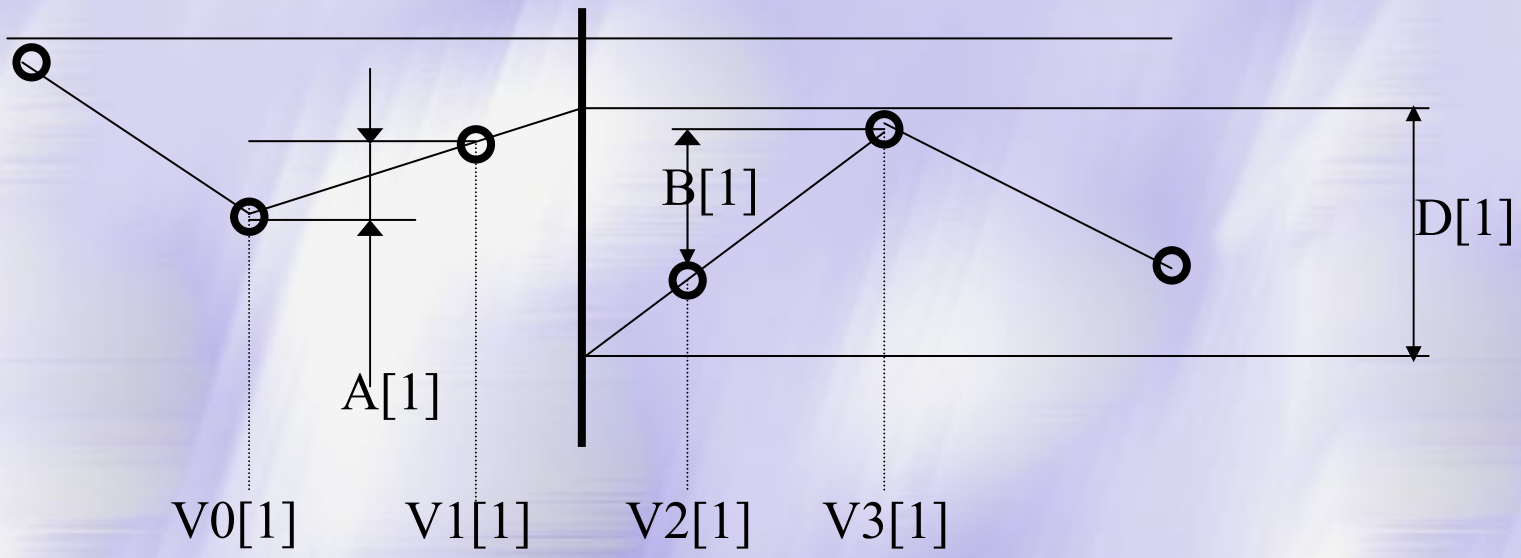
Алгоритм вычисления метрики



V0…V3 - векторы

```
A = V0 - V1
C = V1 – V2
B = V2 – V3
D = C – (A+B) / 2
M =abs( D[0] + D[1] + D[2] )
W1 = W( abs(A[0]) + abs(B[0]) )
W2 = W( abs(A[1]) + abs(B[1]) )
W3 = W( abs(A[2]) + abs(B[2]) )
Metric = M * ( W1 + W3 ) * W2
```

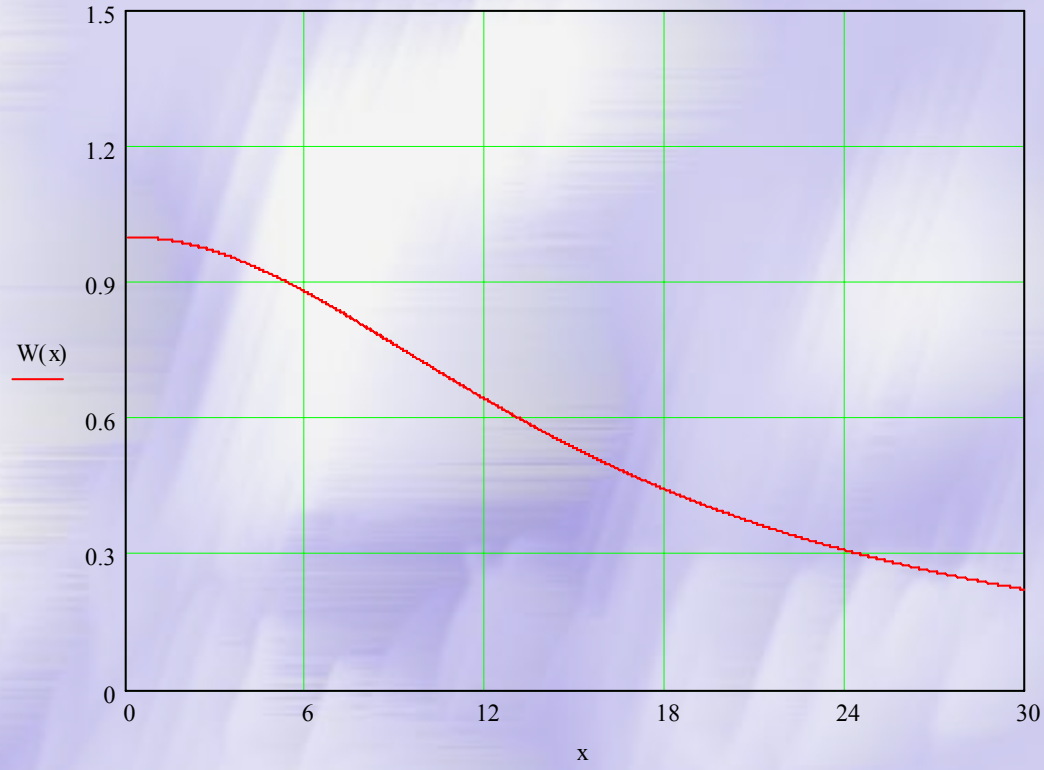
MSU Deblocking (3)




```
A = V0 - V1
C = V1 – V2
B = V2 – V3
D = C – (A+B) / 2
```

MSU Deblocking (4)

Функция для вычисления веса



- ✓ При малых x убывает медленно
- ✓ При достаточно больших x стремится к нулю

MSU Deblocking (5)

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

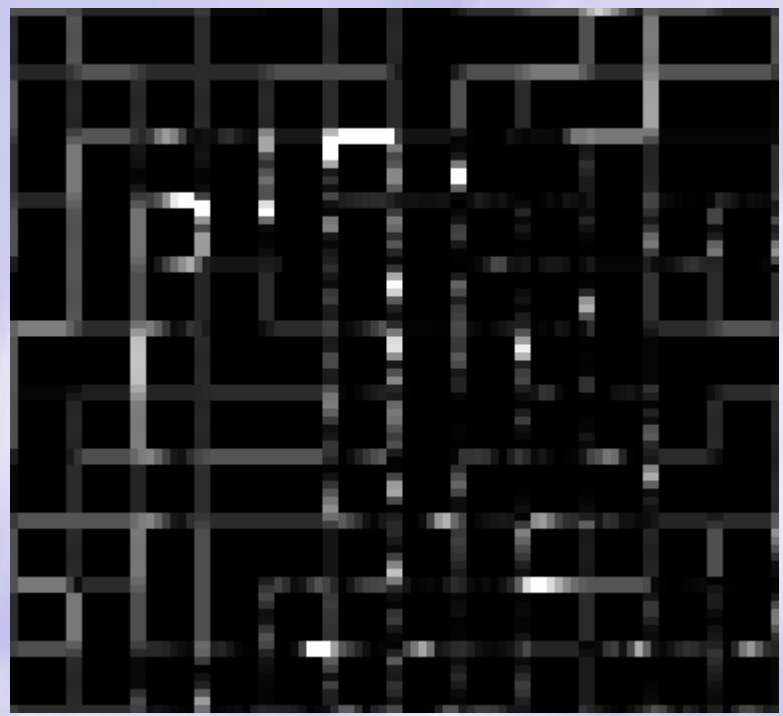
Battle.avi

MSU

MSU Deblocking (6)

Метрика

Battle.avi



MSU-metric

MSU Deblocking (7)

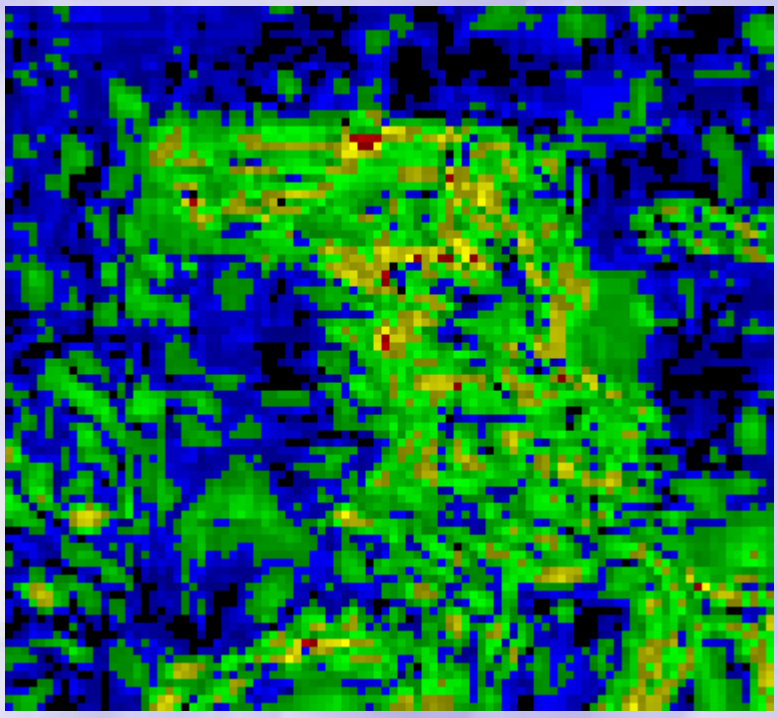
Сравнение с методом из ffdshow

MSU

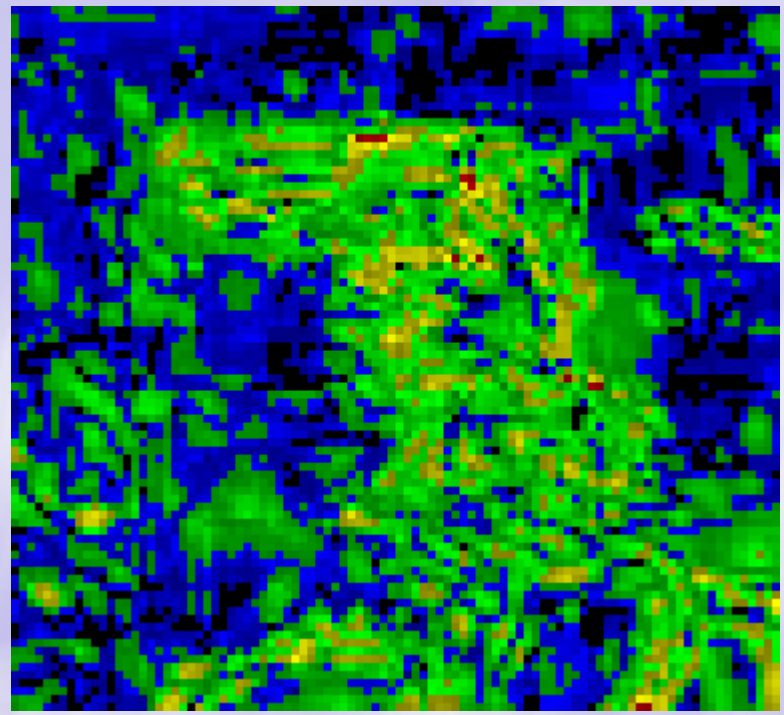
Ffdshow: T = 60

MSU Deblocking (8)

Сравниение с методом из ffdshow



FFdshow: Y-PSNR = 32.15



MSU: Y-PSNR = 32.17 db

Deblocking: Outline

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

- Понятие блокинга и возможные стратегии деблокинга
- Алгоритмы деблокинга
  - 4-х пиксельный
  - 6-ти пиксельный метод
  - Алгоритм фильтра Ffdshow
  - Modeled Low Pass Filter
  - Adaptive Low Pass Filter
- Алгоритм MSU Media Lab
- Сравнение описанных алгоритмов

Сравнение алгоритмов

4-х и 6-ти пиксельные методы

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

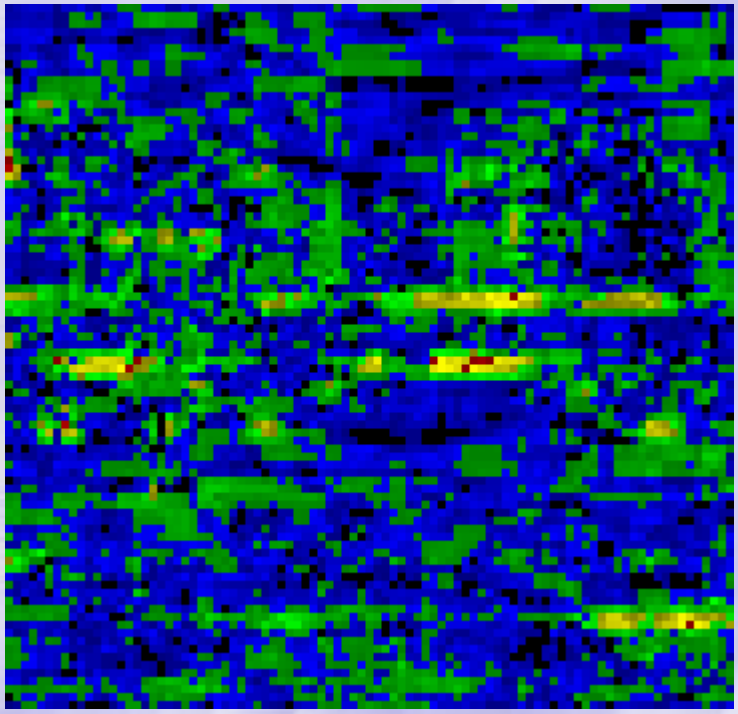
4-Pixel: T = 80

6-Pixel:T = 60

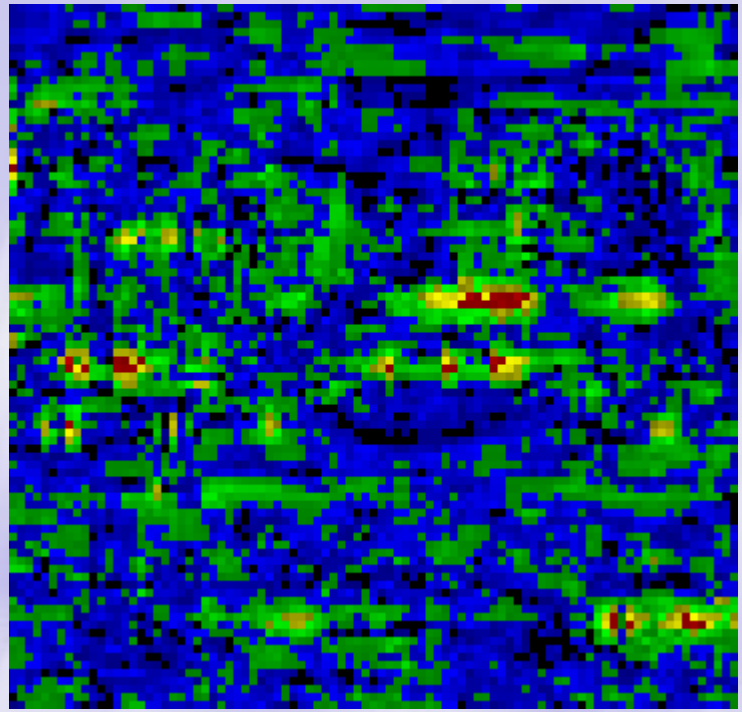
Сравнение алгоритмов (2)

4-х и 6-ти пиксельные методы

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP



4-Pixel: Y-PSNR = 34.77



6-Pixel: Y-PSNR = 34.70

Сравнение алгоритмов

4-х пиксельный и метод ffdshow

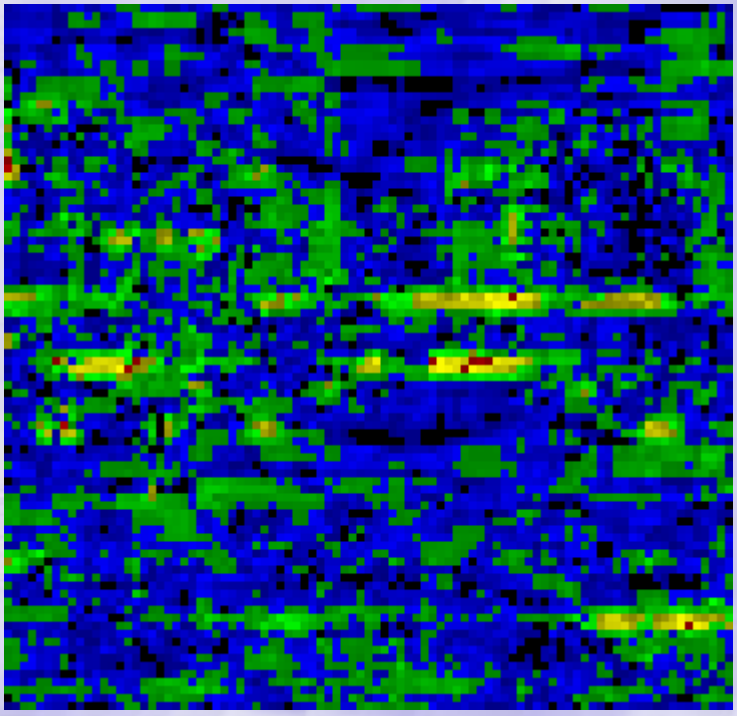
4-Pixel: T = 80

Ffdshow: T =80

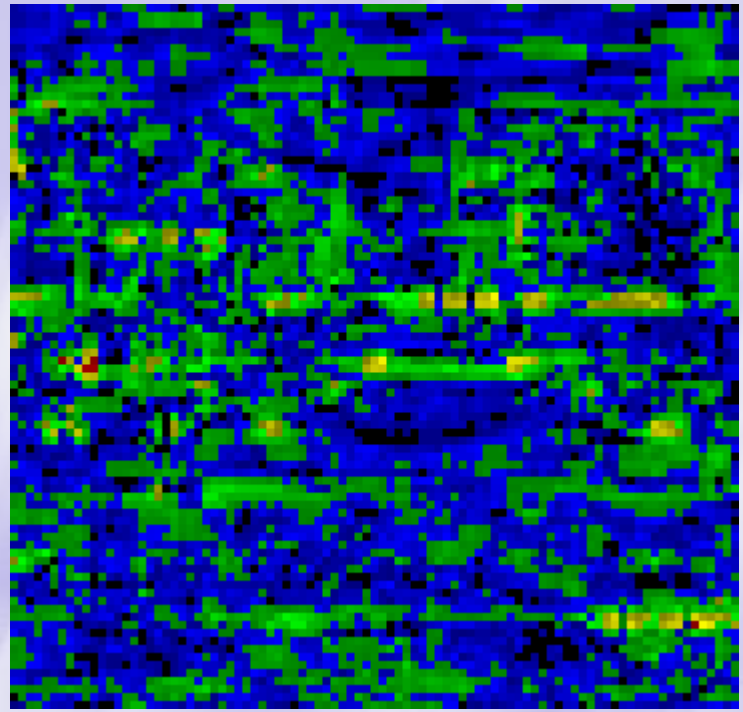
Сравнение алгоритмов (2)

4-х пиксельный и метод ffdshow

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP



4-Pixel: Y-PSNR = 34.77

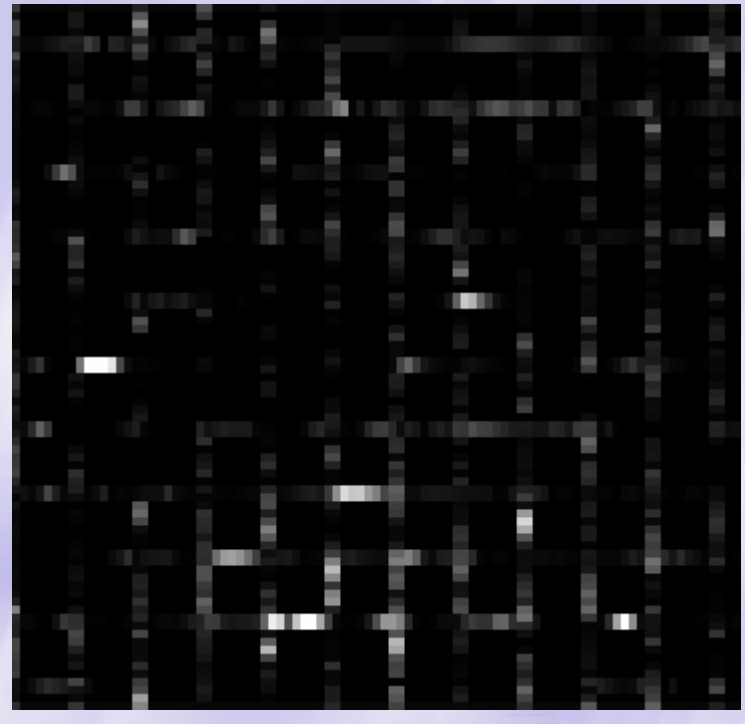


Ffdshow: Y-PNSR = 34.83

Сравнение алгоритмов

Алгоритм MSU

IceAge.avi



MSU-metric

Сравнение алгоритмов

Алгоритм MSU и 4-х пиксельный

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

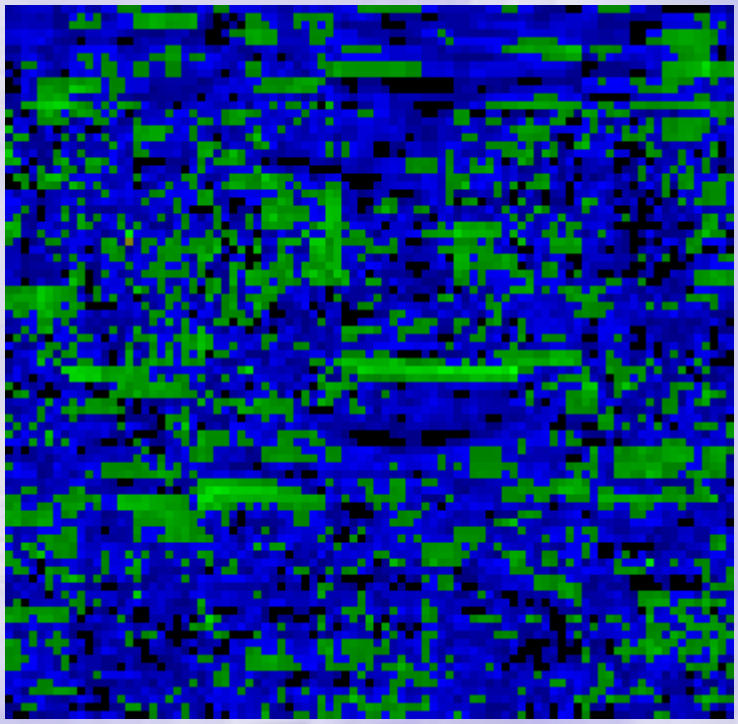
MSU

4-Pixel: T = 80

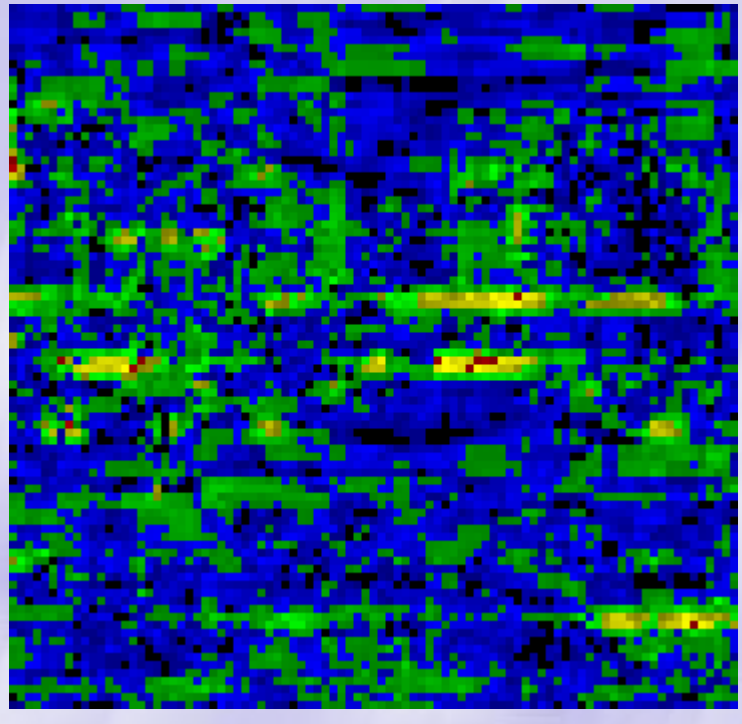
Сравнение алгоритмов

Алгоритм MSU

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP



MSU: Y-PSNR = 36.69 db



4-Pixel: Y-PSNR = 34.77

Сравнение алгоритмов

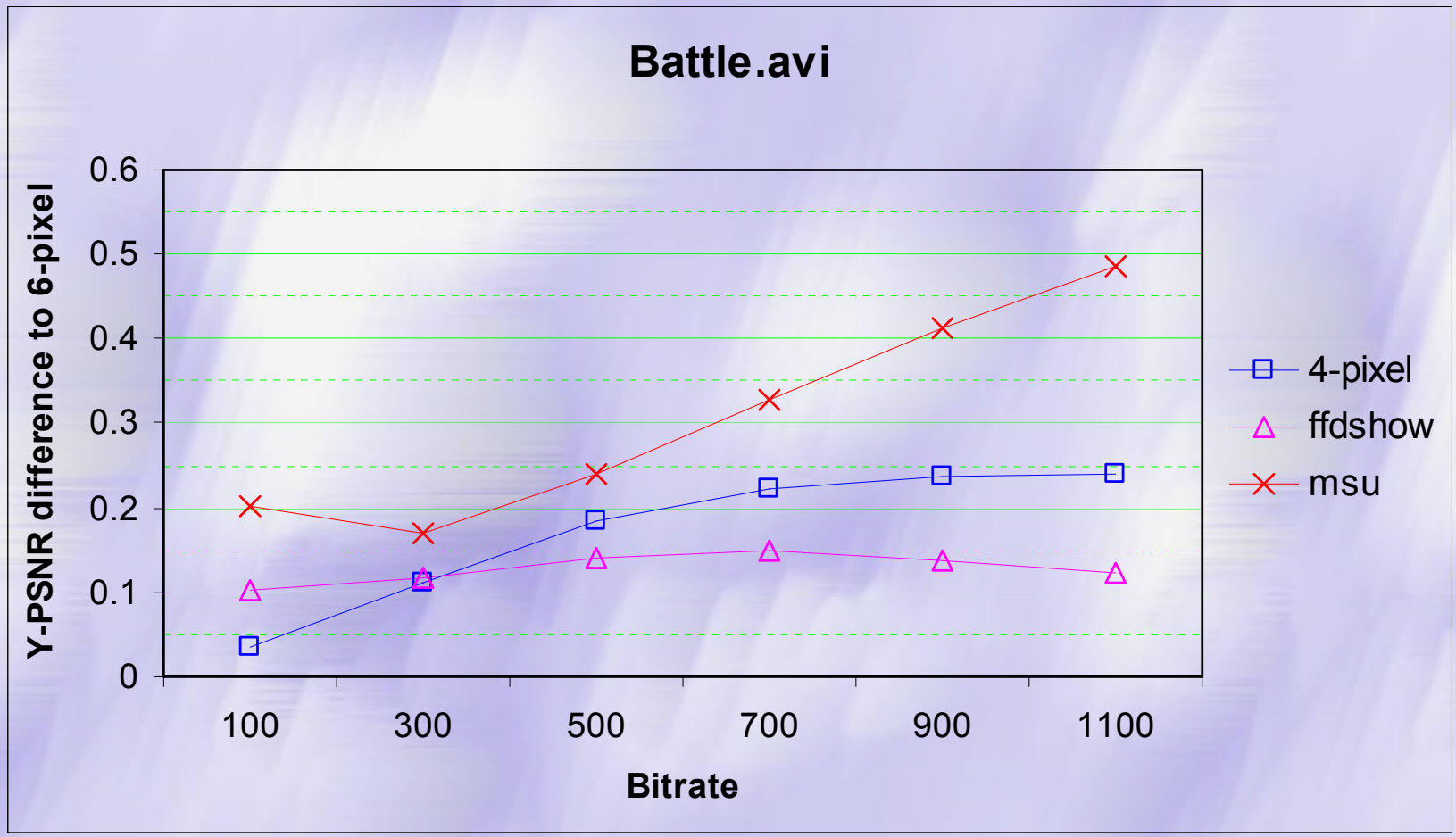
Методика сравнения

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP

1. Видео последовательности сжимаются на разных бирейтах алгоритмом без деблокинга
   - Битрейты – 100, 300, 500, 700, 900, 1100
   - Кодек – Xvid 1.9
2. Каждый ролик обрабатывается различными фильтрами деблокинга
3. Для каждого метода в зачет идет тот параметр, при котором было достигнуто максимальное значение метрики Y-PSNR
4. Измеряется PSNR по сравнению с оригинальным, несжатым фильмом
5. Для каждого метода строится отдельная ветвь графика

Сравнение алгоритмов

Разница с 6-ти пиксельным методом



Сравнение алгоритмов

Разница с 6-ти пиксельным методом

GRAPHICS & MEDIA LAB
VIDEO GROUP