

# Deblurring видео

*Западинский Анатолий*

*Video Group*

*CS MSU Graphics & Media Lab*

# План

- **Постановка задачи**
- Модели размытия
- Алгоритмы Deblurring-a
- Предлагаемый алгоритм

# Постановка задачи

Deblurring – это процесс устранения эффекта размытия (blur).

Такой эффект может появиться в результате:

- ◆ плохой фокусировки камеры
- ◆ движений камеры
- ◆ движений объектов в кадре
- ◆ влияния среды
- ◆ и т.п.

# Постановка задачи

## *математическая модель*

Для восстановления изображения, необходимо построить математическую модель искажения, возникшего в процессе съёмки:

$$y = B(x)$$

$B$  – оператор моделирующий размытие

$x$  – исходная картинка

$y$  – размытая картинка

Часто в модель размытия включают влияние шума:

$$y = B(x) + \eta$$

Затем необходимо выполнить обратное преобразование в рамках построенной модели (зная  $y$ , найти  $x$ )

# Постановка задачи

## *особенности задачи Deblurring-a*

- ◆ Обратная задача не имеет корректного решения
- ◆ Решение должно быть устойчиво к шуму
- ◆ Решение должно быть устойчиво к неточному определению параметров
- ◆ Не существует метрики адекватной визуальному восприятию

# Постановка задачи *сложный Blur в видео*



# План

- Постановка задачи
- Модели размытия
  - Uniform Blur
  - Non-uniform
- Алгоритмы Deblurring-a
- Предлагаемый алгоритм

# Uniform Blur

Размытие изображения называется Uniform blur, если оператор размытия можно представить свёрткой:

$$y = B(x) \Leftrightarrow y = x * psf$$

Операция свёртки представляется интегралом:

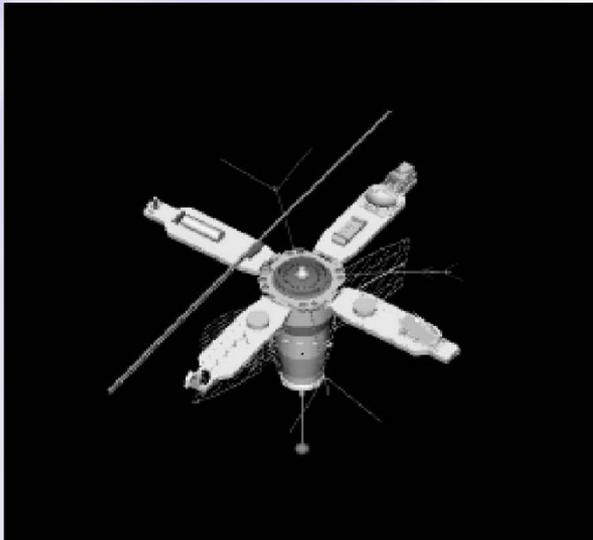
$$(a * b)(i, j) = \iint a(i + x, j + y)b(x, y)dx dy$$

psf (Point Spread Function), удовлетворяет условию нормированности:

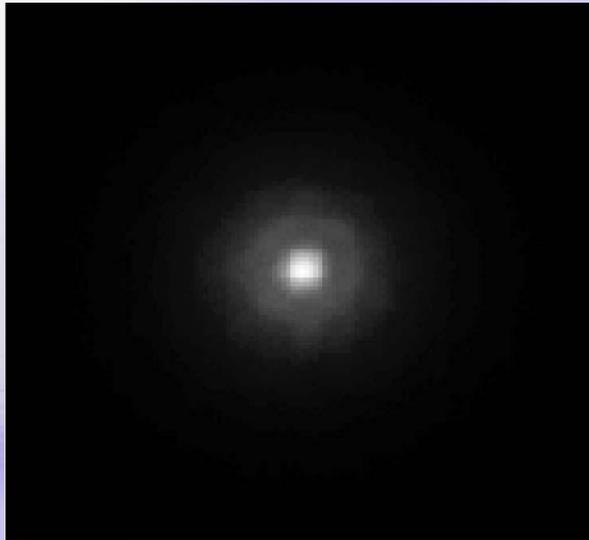
$$psf * \tilde{1} = \tilde{1}$$

# Uniform Blur

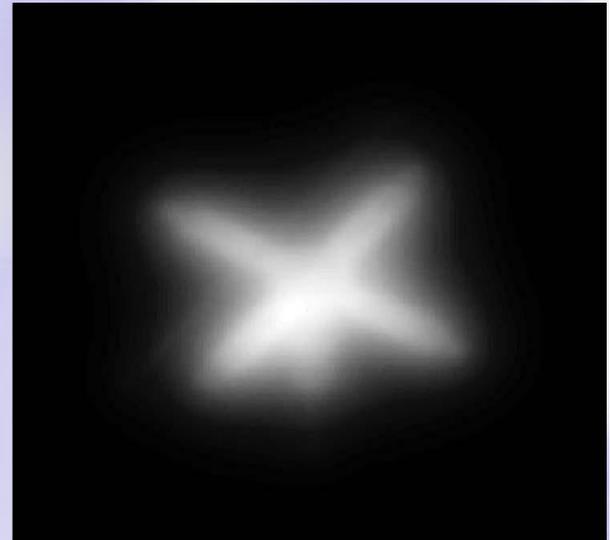
*пример*



Source image



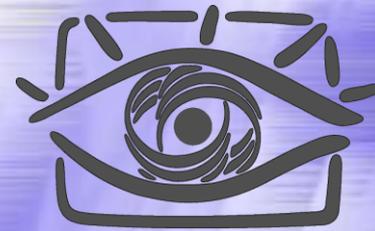
Point Spread Function



Blurred image

# Uniform Blur

*пример*



GRAPHICS & MEDIA LAB  
VIDEO GROUP

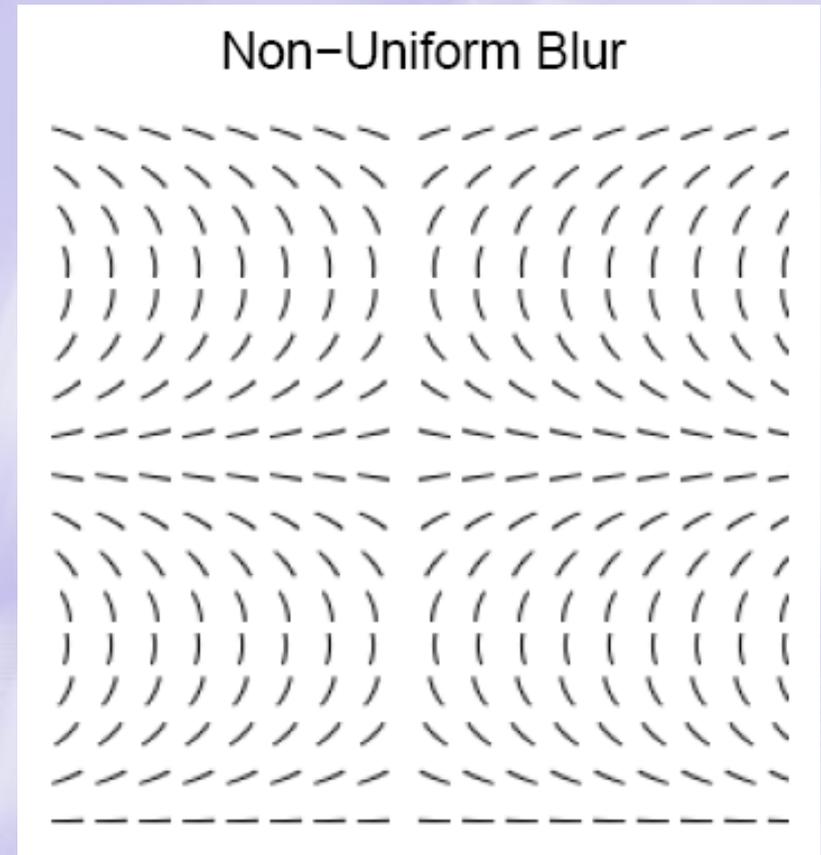


Lens Blur

# Non-Uniform Motion Blur



Каждому пикселю  
или области  
изображения  
приписывается свой  
вектор размытия



# Non-Uniform Motion Blur

*пример*



Camera Motion Blur



Object Motion Blur

# Non-Uniform Motion Blur

*пример*



Combined Blur

■ - сложный blur

■ - нормальный blur

■ - без blur-а

# План



- Постановка задачи
- Модели размытия
- Алгоритмы Deblurring-a
  - Unsharp mask
  - Wiener
  - Lucy-Richardson
  - Регуляризационные методы
- Предлагаемый алгоритм

# Unsharp mask

В самом простом варианте, unsharp mask вычисляется по следующей формуле:

$$x = y + \alpha(y - B(y)) = (1 + \alpha)y - \alpha B(y)$$

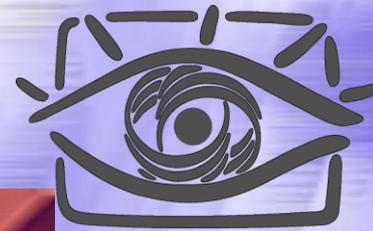
$B$  – оператор размытия

$y$  – размытое изображение

$x$  – резкое изображение

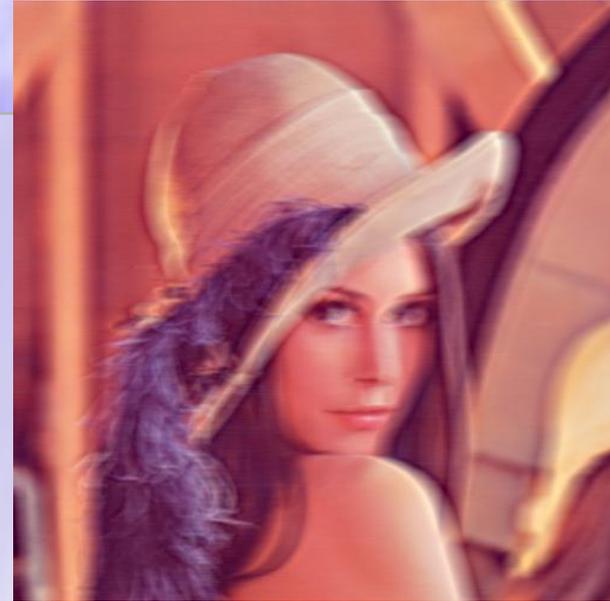


# Unsharp mask (примеры)



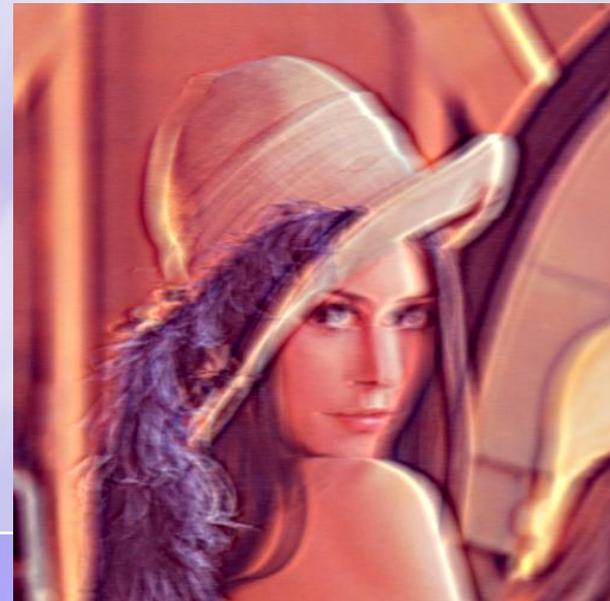
GRAPHICS & MEDIA LAB  
VIDEO GROUP

Blurred



$\alpha = 0.5$

$\alpha = 0.95$



$\alpha = 0.75$

# Wiener



Теорема о свёртке:

$$FFT(a * b) = FFT(a) \cdot FFT(b)$$

В явном виде:

$$\hat{x}(k, l) = \frac{\lambda \cdot \hat{y}(k, l) \cdot \hat{y}_0(k, l)}{(k^2 + l^2)^{-1} + \lambda \cdot \hat{y}(k, l)^2}$$

- 1) крайне неустойчив к неточному определению параметров
- 2) не применим к Non-Uniform модели размытия

# Wiener

*примеры*



размытое  
изображение

вектор размытия:  
длинна 10 пикселей  
угол 0 градусов



восстановленное  
с точным вектором



восстановленное с  
неточным вектором

вектор размытия:  
длинна 9 пикселей  
угол 5 градусов

# Lucy-Richardson

$$x_{i+1} = x_i \cdot B^* \left( \frac{y}{B(x_i)} \right)$$

$y$  - размытое изображение

$B$  - оператор размытия

$B^*$  - сопряженный оператор

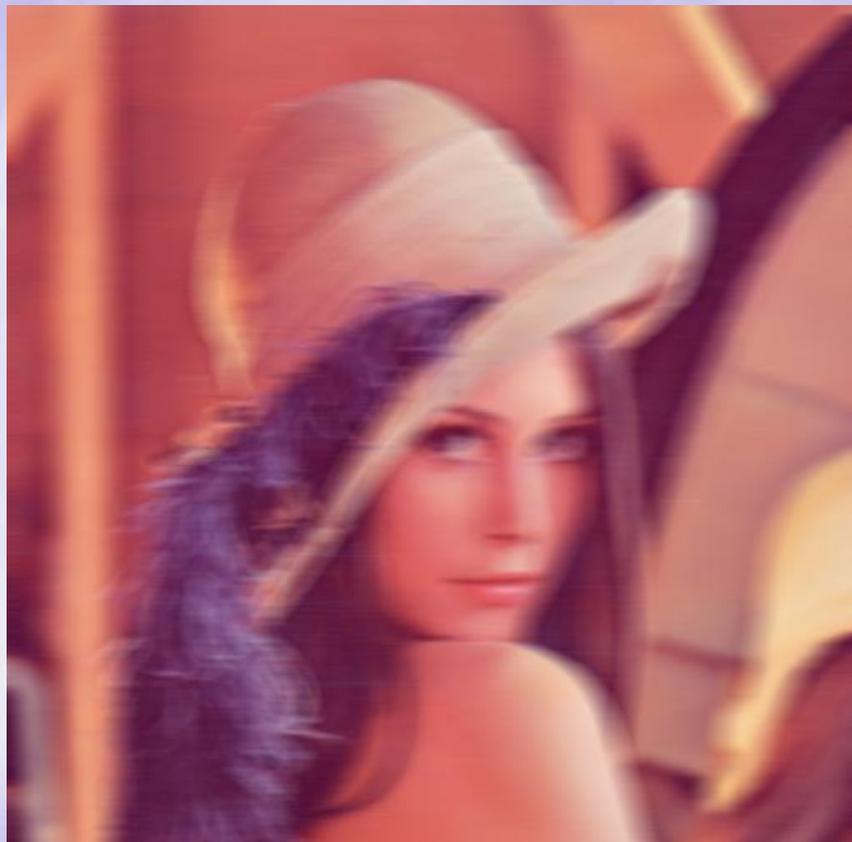
- ◆ алгоритм итеративный, но сходится быстро
- ◆ если на изображение не накладываются ограничения, то LR находит оптимальное решение для изображений с Пуассоновским шумом
- ◆ сейчас LR активно используется NASA в астрономии

# Lucy-Richardson

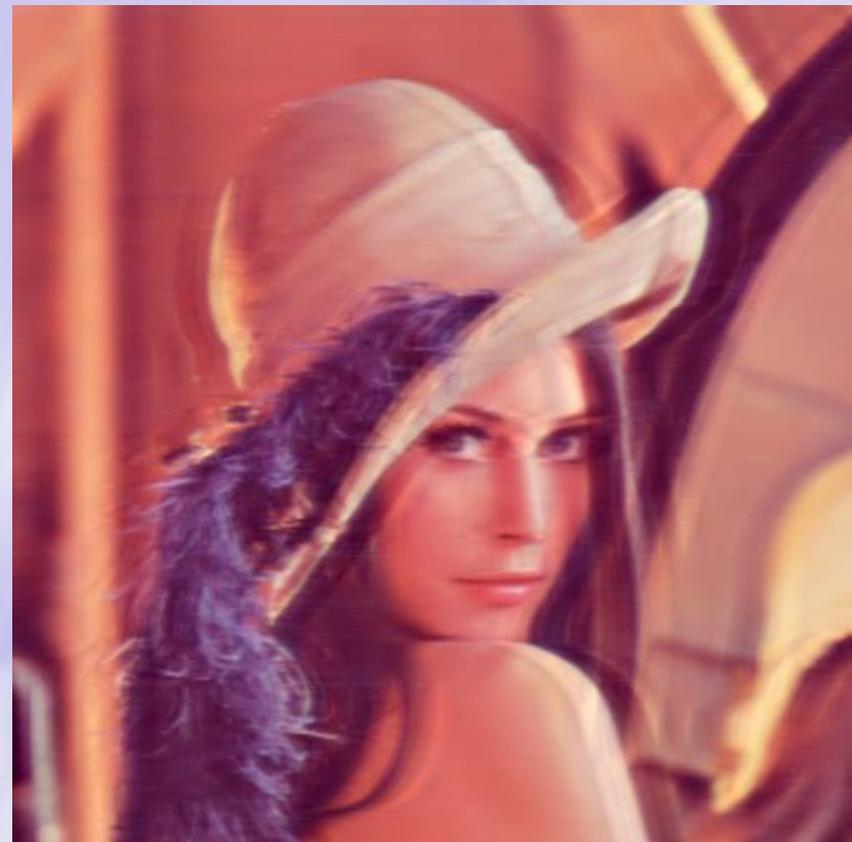
*пример*



GRAPHICS & MEDIA LAB  
VIDEO GROUP



размытое



восстановленное

# Регуляризационные МЕТОДЫ

В общем виде ищется решение задачи:

$$\arg \min_x \left\{ \|B(x) - y\|_{C_1} + f(x) \right\}$$

В качестве  $C_1$  можно выбрать норму  $L_2$ , а в качестве  $f$  можно выбрать  $\|\nabla x\|$ , и решать методом градиента

- 1) решение ищется итеративными алгоритмами, скорость сходимости низкая
- 2) регуляризационные методы устойчивы к неточному определению параметров
- 3) теоретически варьированием  $C_1$  и  $f$  можно достичь оптимального решения

# План

- Постановка задачи
- Модели размытия
- Алгоритмы Deblurring-a
- Предлагаемый алгоритм
  - Определение размытия
  - Debluring
    - EM минимизация артефактов
    - Выделение и удаление артефактов
  - Неадекватность PSNR
  - Сравнение алгоритмов
  - Результаты на видео

# Определение размытия

Использование МЕ, как источника параметров размытия

1) Определение вектора размытия

$$BV = MV \cdot t/T$$

$BV$  – вектор размытия

$MV$  – вектор движения

$t$  – время выдержки

$T$  – время между кадрами

2) Фильтрация векторов



пример плохого определения вектора размытия

# Определение размытия

## Типы областей после фильтрации

1. Области не относящиеся к изображению
2. Области для которых не удалось определить движение по ME
3. Области для которых удалось определить движение по ME
  - a) области с простым движением
  - b) области со сложным движением

# Артефакты Debluring-a



Unsharp mask



Wiener



LR

Как видно из примеров восстановления, алгоритмы деблюринга создают характерные артефакты вблизи резких границ

# Минимизация артефактов

Запишем решение в виде:

$$[x_{i+1}]_{k,l} = [x_i]_{k,l} + f([y - B(x_i)]_{k,l})$$

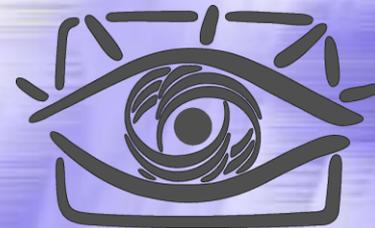
Варьированием  $f$  можно получить решение обладающее максимальным PSNR в областях образования артефактов

Статистический анализ показал, что  $f$  хорошо аппроксимируется функцией вида:

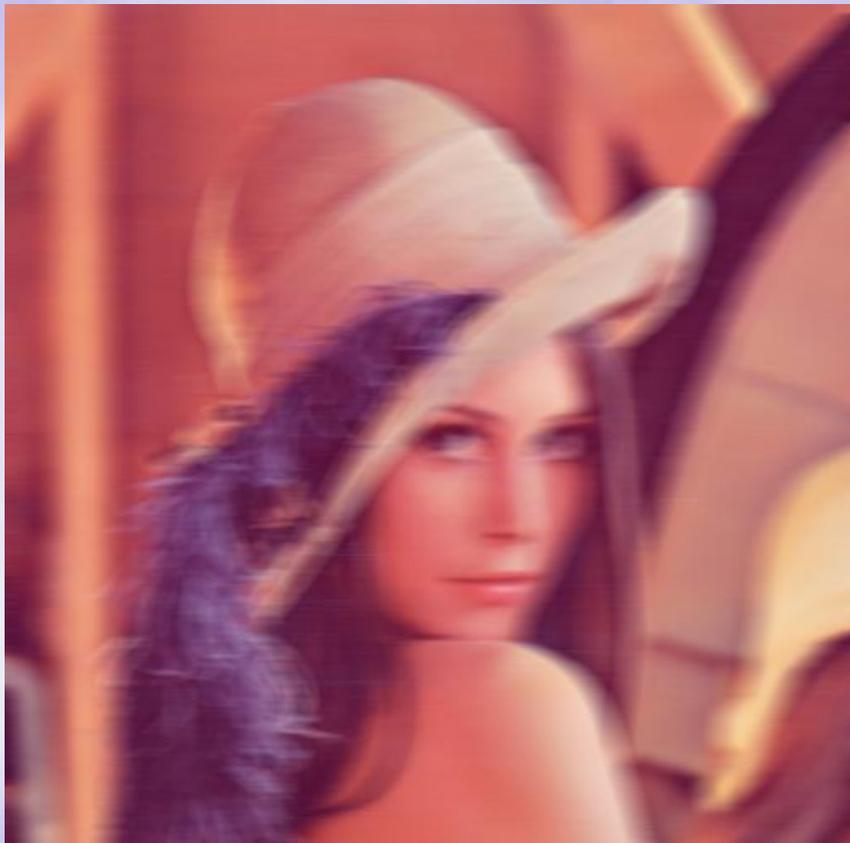
$$f(x) = x^{1.2}$$

# Минимизация артефактов

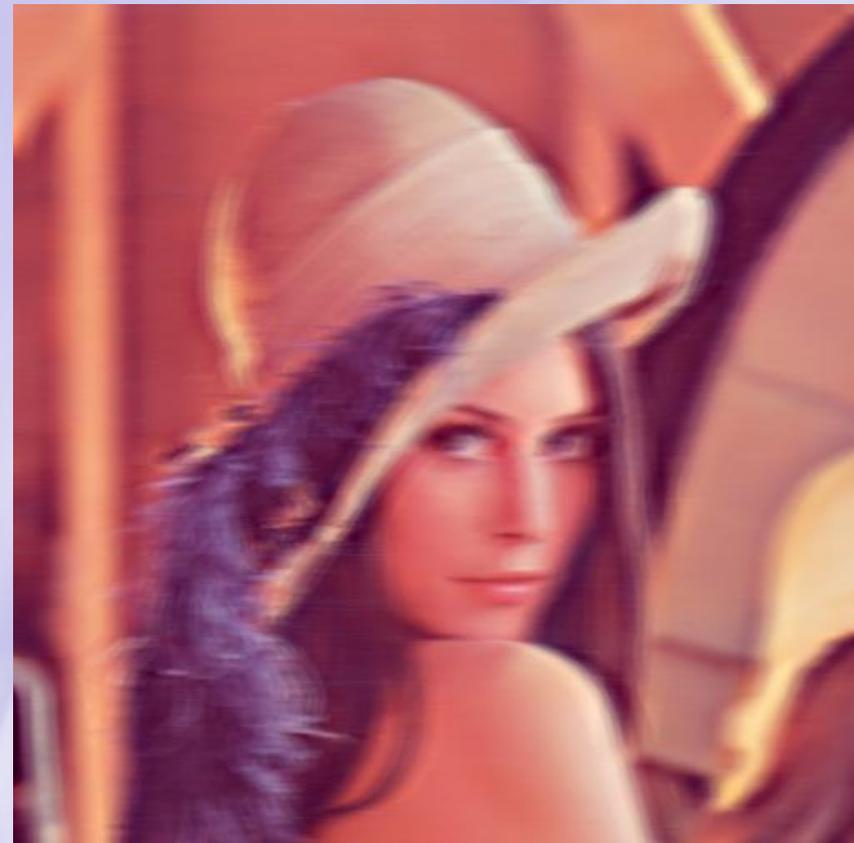
*пример восстановления*



GRAPHICS & MEDIA LAB  
VIDEO GROUP



размытое



восстановленное

# Комбинирование алгоритмов

## *описание метода*



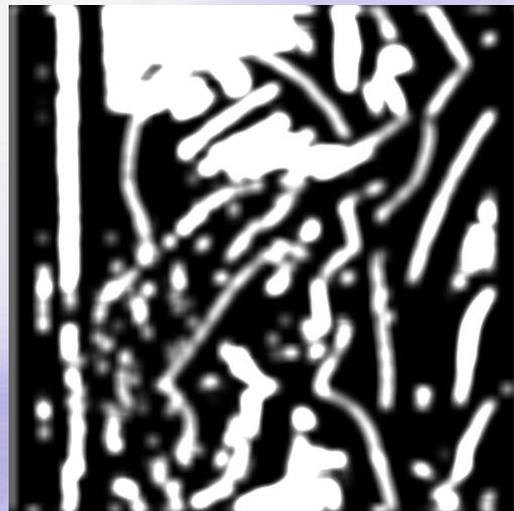
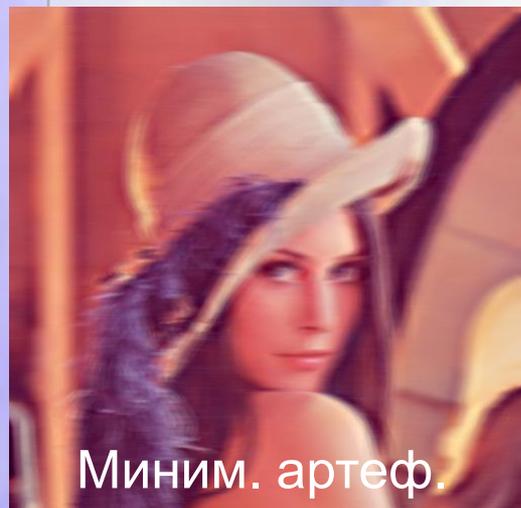
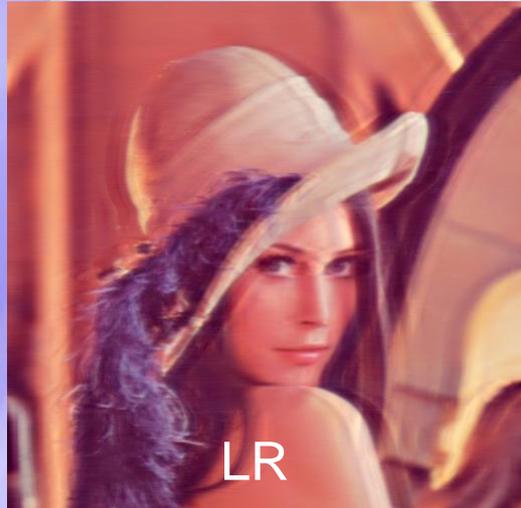
Применяя к восстановленному (любым методом) изображению выделение границ, можно определить области содержащие артефакты.

Затем проблемные области замещаются областями из изображения, полученного вышеописанным методом минимизации артефактов.

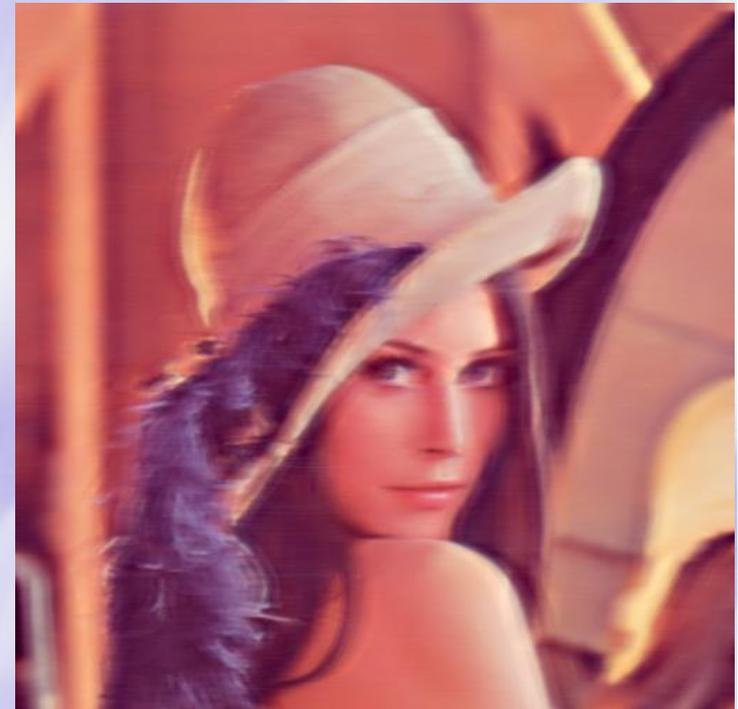
Так можно получить очень быстрое, но в то же время качественное решение.

# Предлагаемый алгоритм

*демонстрация метода*



Маска границ



Результат

# Сравнение двух решений

*LR, PSNR 27.62 SSIM 0.768*

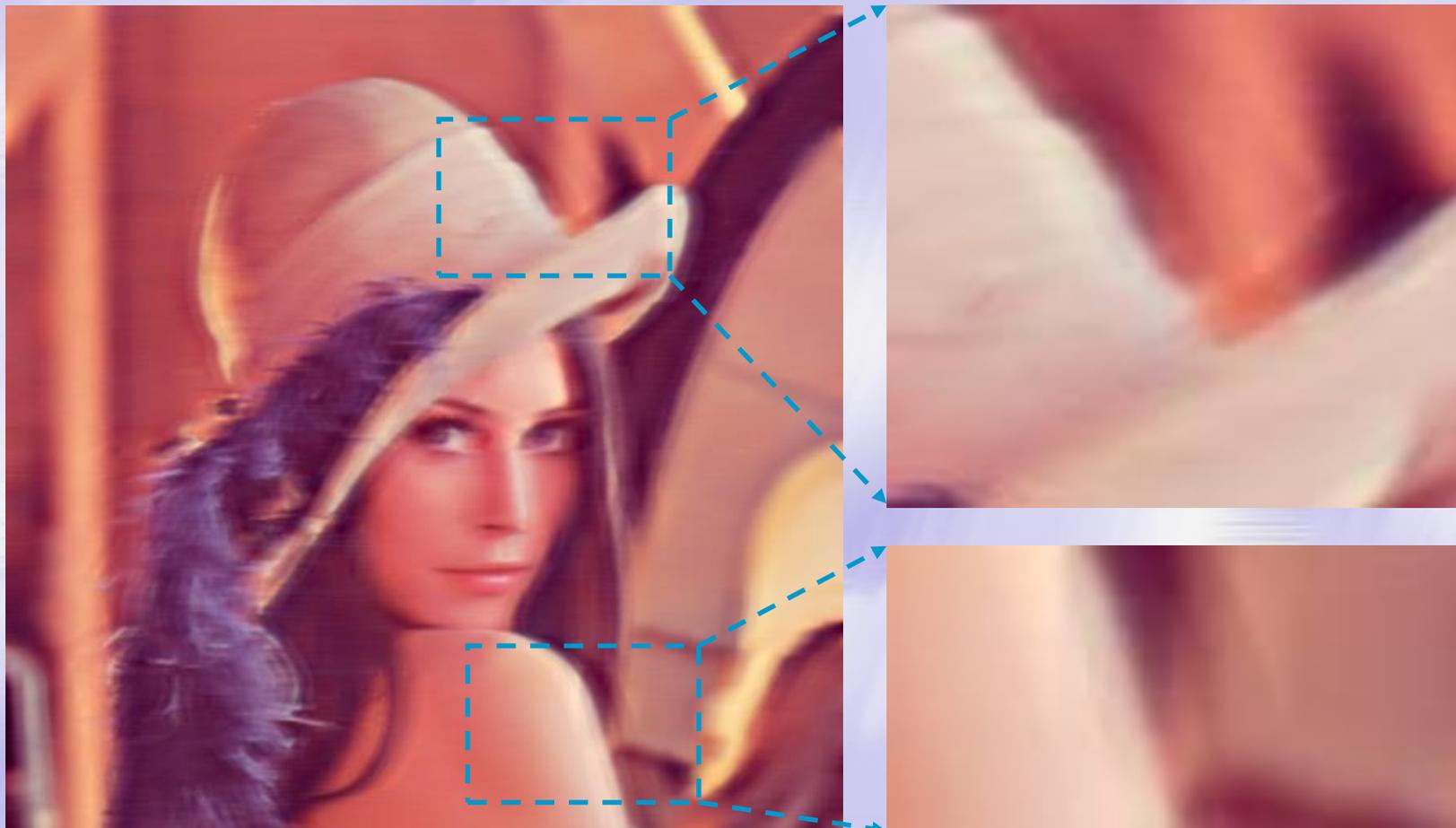


# Сравнение двух решений

*предлагаемый, PSNR 27.41 SSIM 0.764*



GRAPHICS & MEDIA LAB  
VIDEO GROUP



# Результаты на видео



Кадр исходного видео



Кадр обработанного видео

Кадр с очень сложным движением

# Результаты на видео



Кадр исходного видео



Кадр обработанного видео

Кадр с очень сложным движением

# Результаты на видео



Кадр исходного видео



Кадр обработанного видео

# Результаты на видео



Кадр исходного видео



Кадр обработанного видео

# Результаты на видео



Исходное видео



Обработанное видео

# Non-Uniform Motion Blur

## Football #56



Source  
image



Lucy-Richardson

MSU Deblur



# Non-Uniform Motion Blur

## Soccer #119

Source  
image



Lucy-Richardson

MSU Deblur



# Non-Uniform Motion Blur

## Football\_2 #162

Source  
image



Lucy-Richardson

MSU Deblur

