

Обзор методов увеличения разрешения ВИДЕО



Карен Симонян

Video Group
CS MSU Graphics & Media Lab

Outline

- **Постановка задачи**
- **Static SR**
 - IBP
 - Example-based SR
 - Patch-based Blind SR
 - MDSP Robust SR
- **Dynamic SR**
 - MDSP Dynamic SR
 - Video Example-based SR
 - Video Epitomes

Постановка задачи

- HDTV-**дисплеи** получают широкое распространение (27% новых TV, 2006)
- Пропускная способность каналов передачи данных растет
- Растет число HDTV-**каналов** (>1000 в США)
- НО! доля HDTV-**контента** невелика

Необходимы системы увеличения разрешения видео

Типы алгоритмов увеличения разрешения видео

- single-frame
 - интерполяция кадров (bicubic, Lanczos...)
 - ...
- multi-frame aka Super-Resolution (SR)

	скорость	качество
single-frame	+	-
SR	-	+

Типы алгоритмов

Static SR



Типы алгоритмов

Dynamic SR

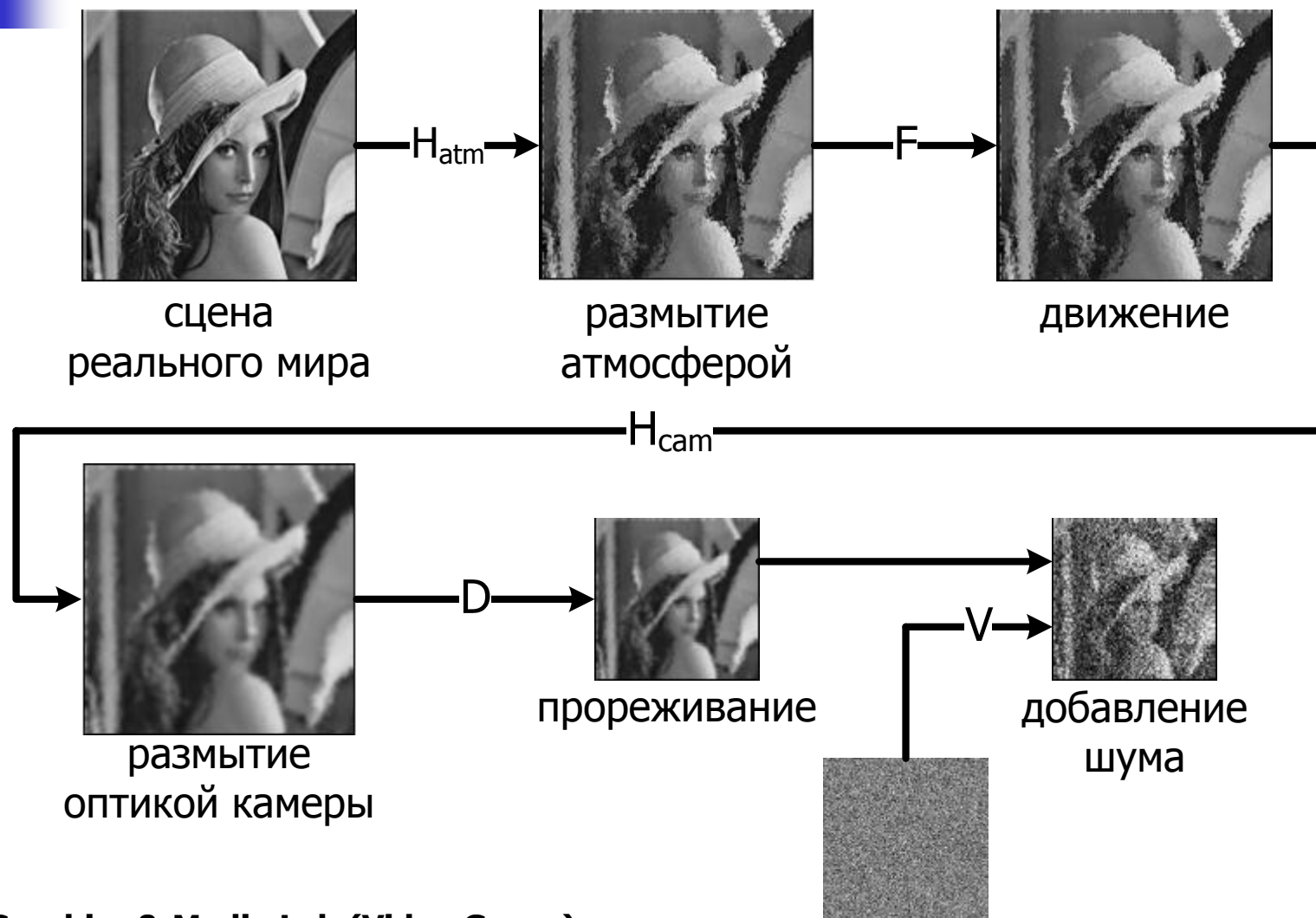


Outline

- Постановка задачи
- **Static SR**
 - **IBP**
 - Example-based SR
 - Patch-based Blind SR
 - MDSP Robust SR
- **Dynamic SR**
 - MDSP Dynamic SR
 - Video Example-based SR
 - Video Epitomes

Static SR

Модель преобразования



Static SR

Модель преобразования

- Аналитически модель может быть записана в виде:

$$Y = (H_{cam} ** F(H_{atm} ** X)) \downarrow + V$$

Low-resolution (LR) кадр

High-resolution (HR) кадр

- В том или ином виде присутствует во многих алгоритмах SR
- Матрица H_{cam} моделирует PSF (Point Spread Function) камеры

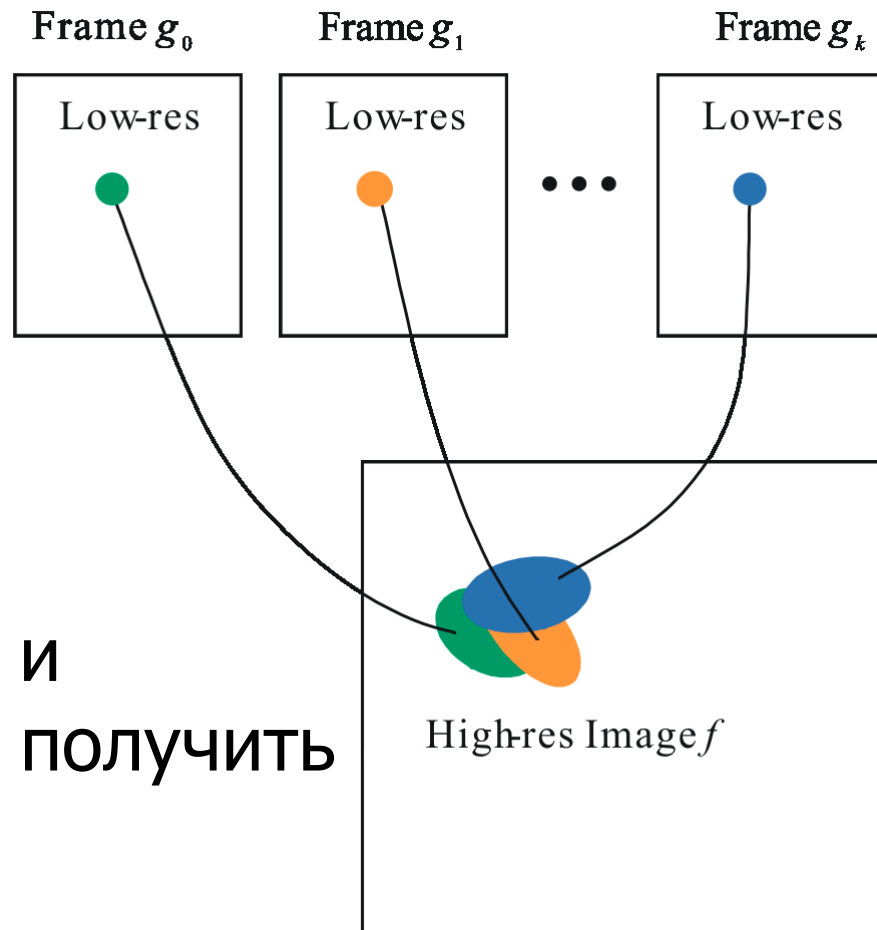
IBR

Идея

- f – искомый HR-кадр
- g_k – k -ый LR-кадр
- $f^{(n)}$ – аппроксимация кадра f после n итераций

Идея:

Если уменьшить кадр $f^{(n)}$ и сместить его, то должны получить кадры g_k



IBP

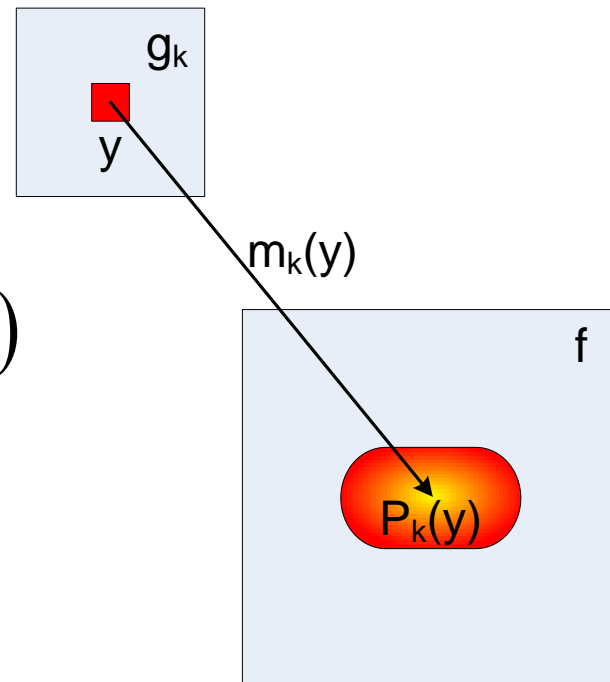
Forward projection

На шаге n :

1. преобразование $f^{(n)}$ к виду g_k :

$$g_k^{(n)}(y) = \sum_{x \in P_k(y)} f^{(n)}(x) \cdot h_{k,y}^{\text{PSF}}(m_k(y) - x)$$

PSF



$m_k(y)$ – центр области $P_k(y)$ – прообраза y ; определяется с помощью оценки движения

Irani M., and Peleg S. 1991. Improving Resolution by Image Registration, *Journal of Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 53(3), pp. 231–239.

IBP

Невязка



На шаге n :

1. преобразование $f^{(n)}$ к виду g_k :

$$g_k^{(n)}(y) = \sum_{x \in P_k(y)} f^{(n)}(x) \cdot h_{k,y}^{\text{PSF}}(m_k(y) - x)$$

2. "невязка": $r_k^{(n)}(y) = g_k(y) - g_k^{(n)}(y)$

IBP

Backward projection

На шаге n :

1. преобразование $f^{(n)}$ к виду g_k :

$$g_k^{(n)}(y) = \sum_{x \in P_k(y)} f^{(n)}(x) \cdot h_{k,y}^{\text{PSF}}(m_k(y) - x)$$

2. "невязка": $r_k^{(n)}(y) = g_k(y) - g_k^{(n)}(y)$

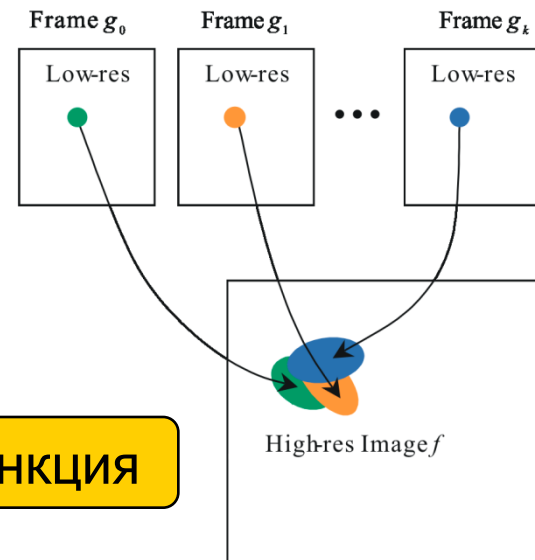
3. обновление HR-кадра:

$$f^{(n+1)}(x) = f^{(n)}(x) + \lambda \sum_k \sum_{y | x \in P_k(y)} w(k, y) \cdot r_k^{(n)}(y) \cdot h_{k,y}^{\text{BP}}(m_k(y) - x)$$

нормировочный
множитель

весовая функция

backward
projection filter



IBP

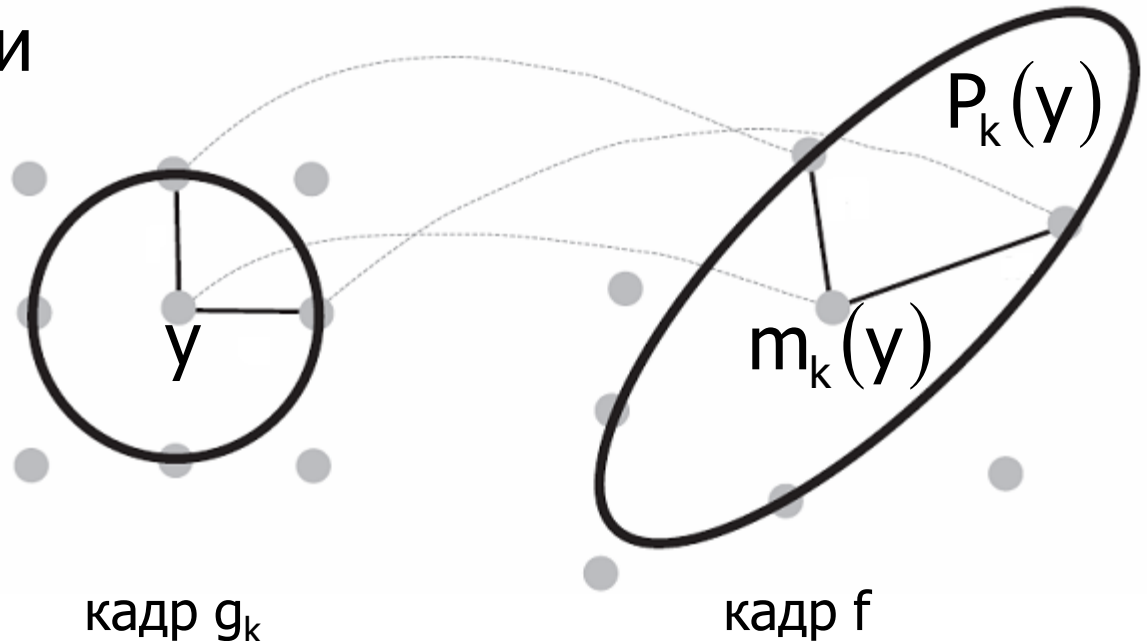
Выбор параметров

- алгоритм оценки движения (global ME, optical flow, ...)
- выбор фильтров $h_{k,y}^{\text{PSF}}$ и $h_{k,y}^{\text{BP}}$ (гауссиан, EWA, ...)
- выбор весовой функции $w(k,y)$
 - тождественная единица
 - учет расстояния между кадрами
 - учет доверия векторам движения
- начальное приближение $f^{(0)}$

$$f^{(n+1)}(x) = f^{(n)}(x) + \lambda \sum_k \sum_{y|x \in P_k(y)} w(k,y) \cdot r_k^{(n)}(y) \cdot h_{k,y}^{\text{BP}}(m_k(y) - x)$$

Elliptical Weighted Area filter:

- прообраз точки LR-кадра моделируется эллипсом
- гауссово размытие по эллипсу



Jiang Z., Wong T.T., and Bao H. 2003. Practical Super-Resolution from Dynamic Video Sequences.

In *Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 549-554.

IBP

Сравнение @ Beach



Bicubic

IBP

Сравнение @ Beach



Bicubic +
sharpen

IBP

Сравнение @ Beach



IBP
improved

IBP

Сравнение @ Canyon



Bicubic

IBP

Сравнение @ Canyon



IBP
improved

IBP

Сравнение @ Canyon



Ground
truth

IBP

Сравнение @ Glasgow



IBP

IBP

Сравнение @ Glasgow



IBP
improved

IBP

Сравнение @ Salesman



IBP

IBP

Сравнение @ Salesman



IBP
improved

IBP improved

Объективные данные

Параметры запуска:

- Pentium III 1GHz, 512Mb RAM
- 3 LR кадра → 1 HR (x2) кадр

Результаты:

- Beach, 720×480: **84 сек.**
- Canyon, 360×240: **+1.03 дБ vs Bicubic**
- Glasgow, Salesman, 176×144: **25 сек.**

Jiang Z., Wong T.T., and Bao H. 2003. Practical Super-Resolution from Dynamic Video Sequences.

In *Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 549-554.

IBP

Выводы



- Соотношение *скорость/качество* сильно зависит от параметров алгоритма
- Подбор параметров сложен

Outline

- Постановка задачи
- Static SR
 - IBP
 - Example-based SR
 - Patch-based Blind SR
 - MDSP Robust SR
- Dynamic SR
 - MDSP Dynamic SR
 - Video Example-based SR
 - Video Epitomes

Example-based SR

Идея



- Изначально предложен single-frame метод
- Предположение: высокие частоты зависят от средних
- Можно построить БД прецедентов – блоки средних частот и соответствующие им блоки ВЫСОКИХ частот

Freeman W. T., Jones T. R., and Pasztor E. C.. 2002. Example-Based Super-Resolution. In *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 22(2), pp. 56–65.

Example-based SR

Схема



1. Интерполяция LR-кадра
2. Выделение средних частот
3. Поиск высокочастотных блоков, оптимальных в некотором смысле

Freeman W. T., Jones T. R., and Pasztor E. C.. 2002. Example-Based Super-Resolution.
In *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 22(2), pp. 56–65.

Example-based SR

Пример



исходное изображение

Freeman W. T., Jones T. R., and Pasztor E. C.. 2002. Example-Based Super-Resolution.
In *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 22(2), pp. 56–65.

Example-based SR

Пример



исходное изображение → bicubic

Example-based SR

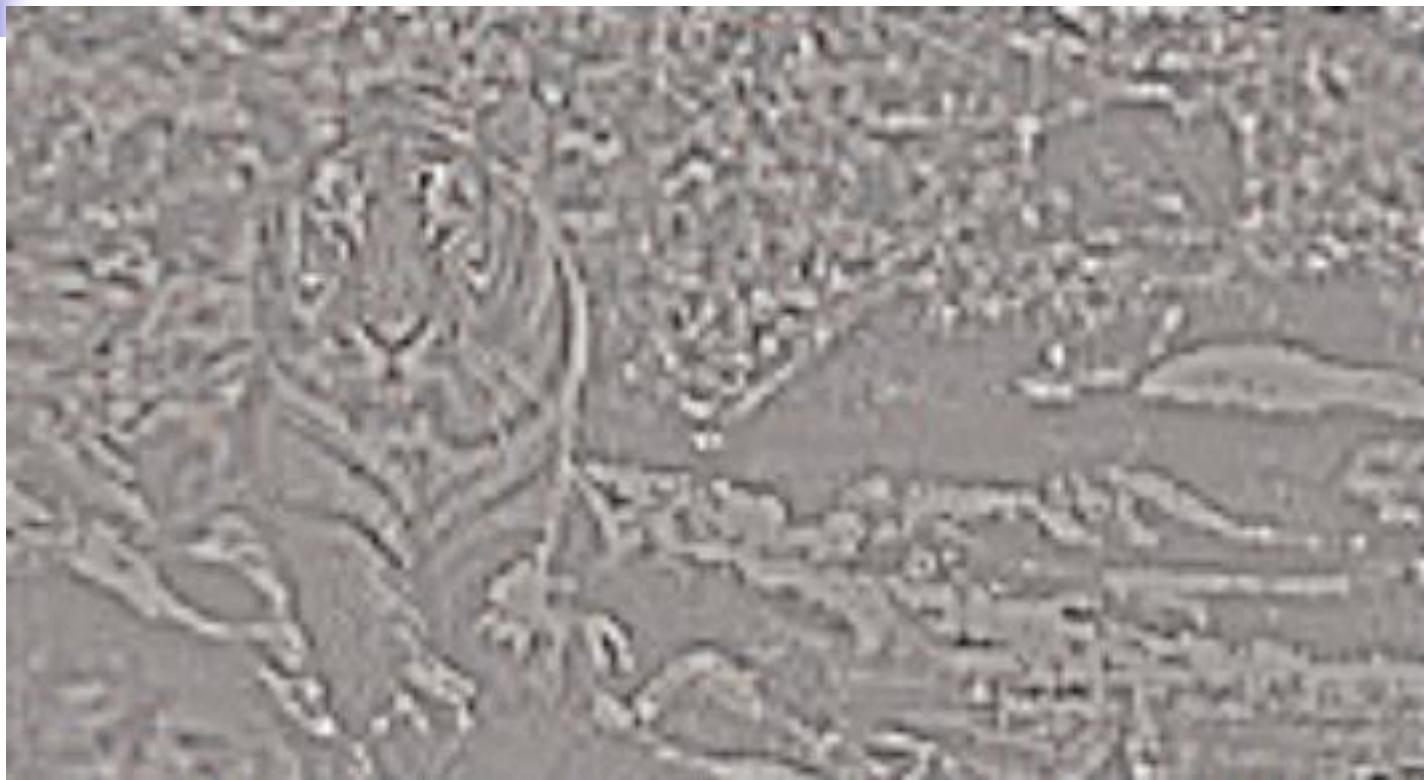
Пример



исходное изображение → bicubic → средние частоты

Example-based SR

Пример



соответствующие им высокие частоты

Example-based SR

Пример



HR результат

Example-based SR

Пример



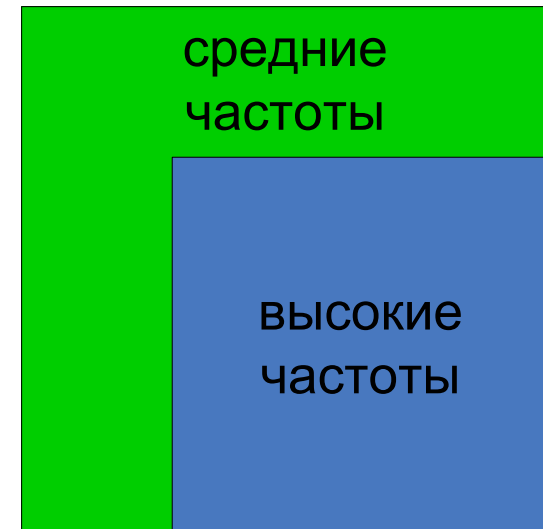
настоящий HR результат ☹

Example-based SR

БД



- Прецедент: блок 7×7 средних частот и соответствующий блок 5×5 высоких частот
- Блоки нормализуются делением на средний модуль блока средних частот



Freeman W. T., Jones T. R., and Pasztor E. C.. 2002.
Example-Based Super-Resolution. In *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 22(2), pp. 56–65.

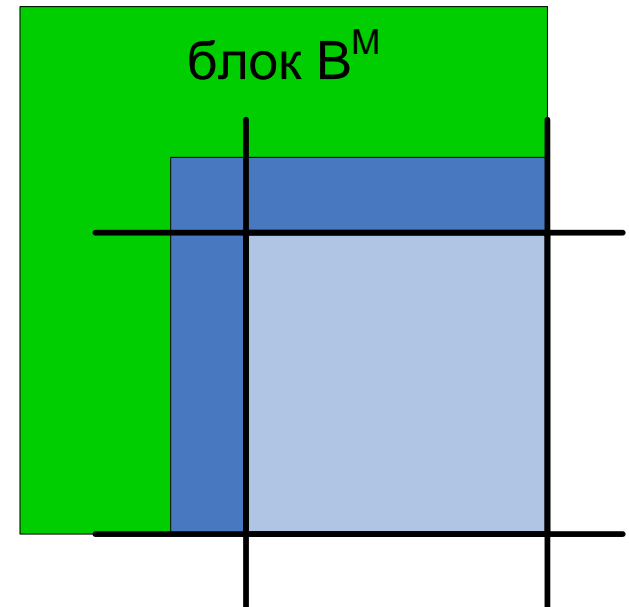
Example-based SR

Поиск высокочастотных патчей



Случайное поле Маркова:

- точка – блок 4×4
- состояние точки – среднечастотный блок B_k^M из БД
- потенциал точки:
 $SSD(B^M, B_k^M)$



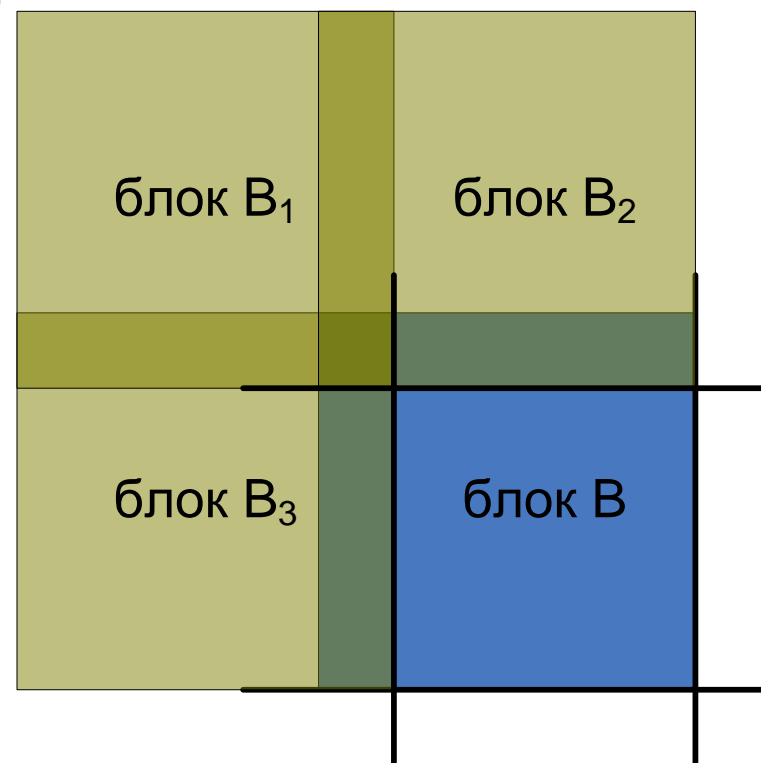
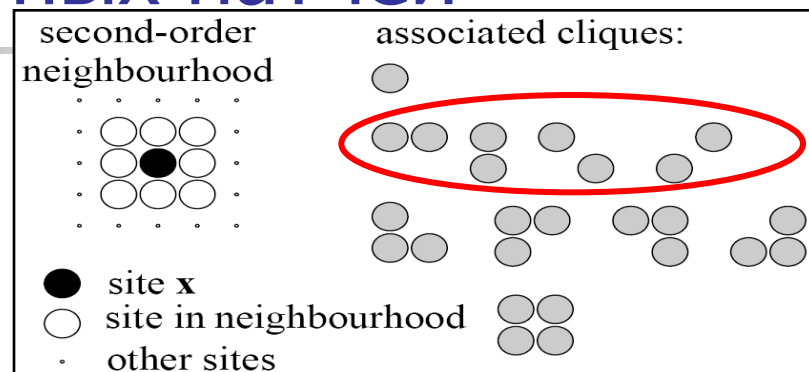
Example-based SR

Поиск высокочастотных патчей



Случайное поле Маркова:

- рассматриваются только клики 2 порядка из 2 точек
- потенциал клики: SSD между высокочастотными блоками в области их перекрытия



Freeman W. T., Jones T. R., and Pasztor E. C.. 2002.
Example-Based Super-Resolution. In *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 22(2), pp. 56–65.

Example-based SR

Поиск высокочастотных патчей



Два алгоритма поиска оптимальных блоков:

- belief propagation (медленный)
- более быстрая аппроксимация:
 - обработка блоков в один raster-scan проход
 - поиск в БД 100 блоков, минимизирующих потенциал точки
 - поиск среди них блока, минимизирующего сумму потенциалов клик

Freeman W. T., Jones T. R., and Pasztor E. C.. 2002. Example-Based Super-Resolution. In *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 22(2), pp. 56–65.

Example-based SR

Сравнение



Bicubic

Example-based SR

Сравнение



Example-based SR

Example-based SR

Сравнение



Bicubic

Example-based SR

Сравнение



Example-based SR

Example-based SR

Сравнение



Ground-truth

Example-based SR

Выводы



- Добавляются не настоящие высокие частоты, а лишь нечто, их заменяющее
- Зависимость от обучающей выборки
- Высокая временная сложность поиска в БД



Outline

- Постановка задачи
- Static SR
 - IBP
 - Example-based SR
 - Patch-based Blind SR
 - MDSP Robust SR
- Dynamic SR
 - MDSP Dynamic SR
 - Video Example-based SR
 - Video Epitomes

Patch-Based Blind SR

Идея



- Объединить example-based SR с моделью преобразования (параметры которой неизвестны) в одну вероятностную модель:

$$P(x, r | \{y^{(k)}\}) \propto P(\{y^{(k)}\} | x, r) \cdot P(x) \cdot P(r)$$

HR-кадр

параметр PSF

набор
LR-кадров

Wang Q., Tang X., and Shum H. 2005. Patch Based Blind Image Super-Resolution. In *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision*, vol. 1, pp. 709-716.

Patch-Based Blind SR

Модель преобразования

оператор преобразования
(PSF, прореживание,
смещение)

$$P(\{y^{(k)}\} | x, r) = \prod_k \left(\frac{1}{2\pi\delta_k^2} \right)^{|y^{(k)}|/2} \exp \left(- \sum_k \frac{\|y^{(k)} - W^{(k)}(r)x\|^2}{2\delta_k^2} \right)$$

дисперсия
шума

Wang Q., Tang X., and Shum H. 2005. Patch Based Blind Image Super-Resolution.
In *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision*, vol. 1, pp. 709-716.

Patch-Based Blind SR

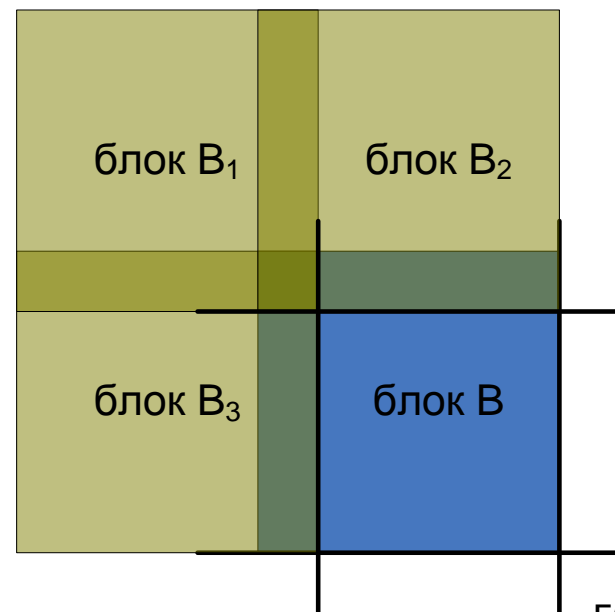
Example-based модель HR-кадра

- Та же эвристика, что и для потенциала клик в Example-based SR:

$$P(x) = P(\{x_s\}) = \prod_{(i,j)} \exp(-\Psi(x_i, x_j) / 2\sigma^2)$$

набор
блоков
HR-кадра

SSD между блоками i, j
в области их перекрытия



Patch-Based Blind SR

Параметры преобразования



- Однородное распределение на некотором отрезке:

$$P(r) = \begin{cases} \frac{1}{r_1 - r_0}, & r \in [r_0; r_1] \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

Wang Q., Tang X., and Shum H. 2005. Patch Based Blind Image Super-Resolution. In *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision*, vol. 1, pp. 709-716.

Patch-Based Blind SR

Алгоритм



- Вычисление MAP оценки $P(x, r | \{y^{(k)}\})$ с помощью сэмплера Гиббса с “закалкой” модели
- Несколько итераций IBP с уже найденными параметрами PSF

Wang Q., Tang X., and Shum H. 2005. Patch Based Blind Image Super-Resolution. In *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision*, vol. 1, pp. 709-716.

Patch-Based Blind SR

Сравнение



- PSF – Гауссово размытие с $\sigma=2.5$
- один LR-кадр $600 \times 360 \rightarrow 1200 \times 720$
- Pentium IV 2.8GHz

- время обработки **30 минут**

Wang Q., Tang X., and Shum H. 2005. Patch Based Blind Image Super-Resolution.
In *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision*, vol. 1, pp. 709-716.

Patch-Based Blind SR

Сравнение



bicubic

Patch-Based Blind SR

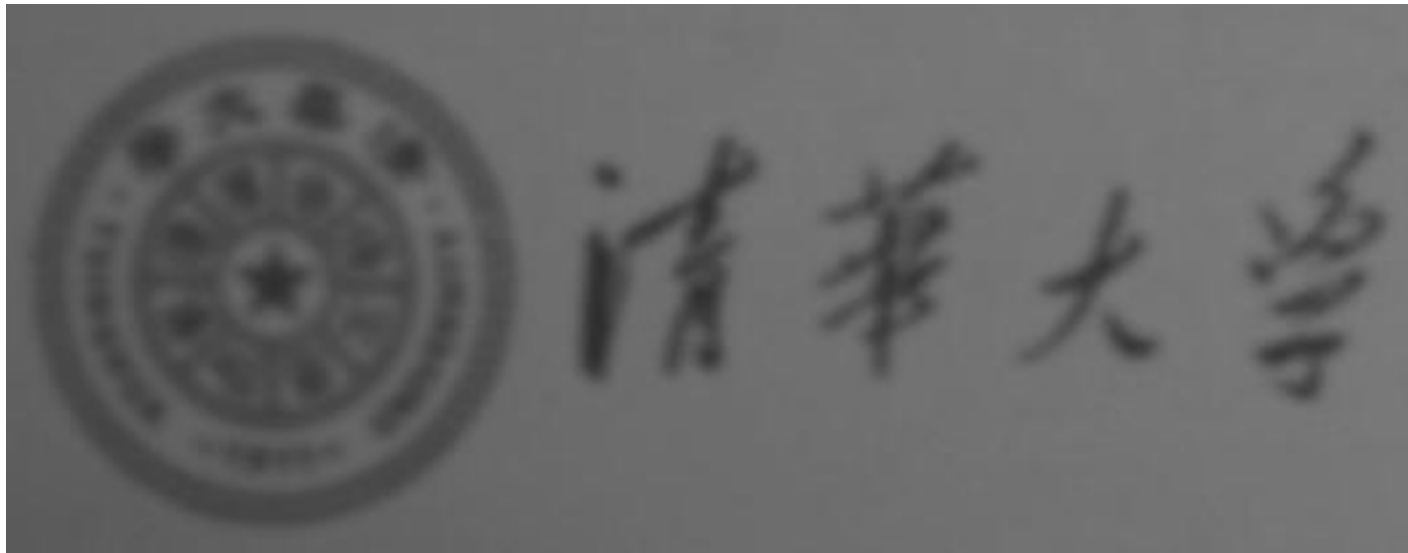
Сравнение



Example-based SR

Patch-Based Blind SR

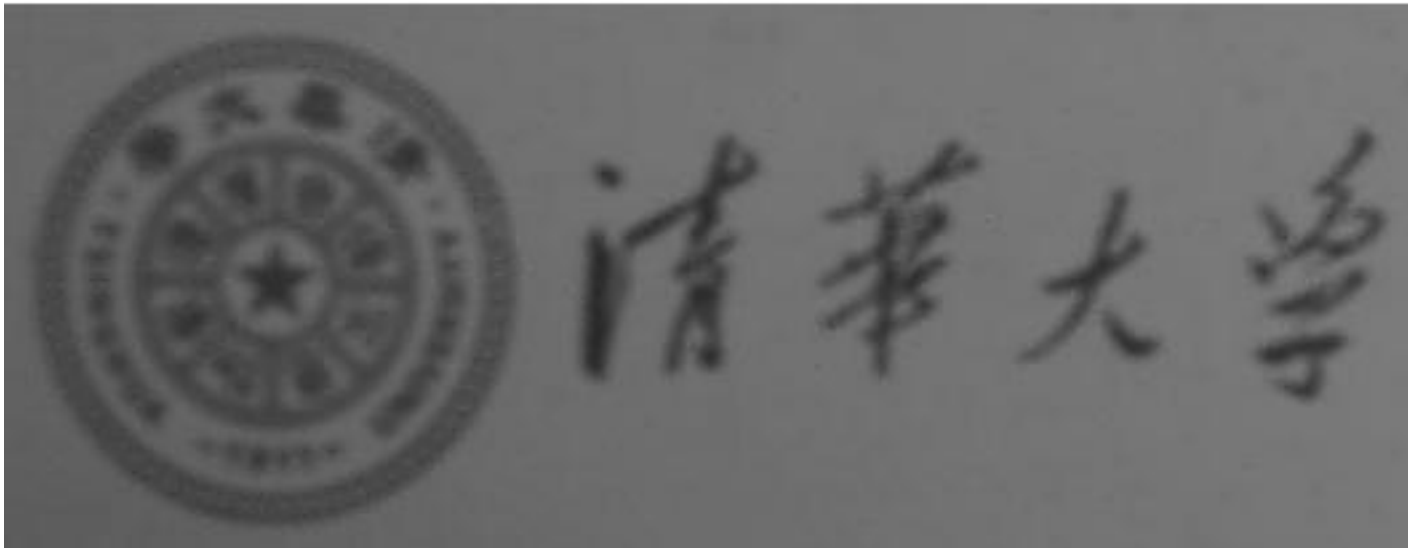
Сравнение



IBP @ PSF 1.0

Patch-Based Blind SR

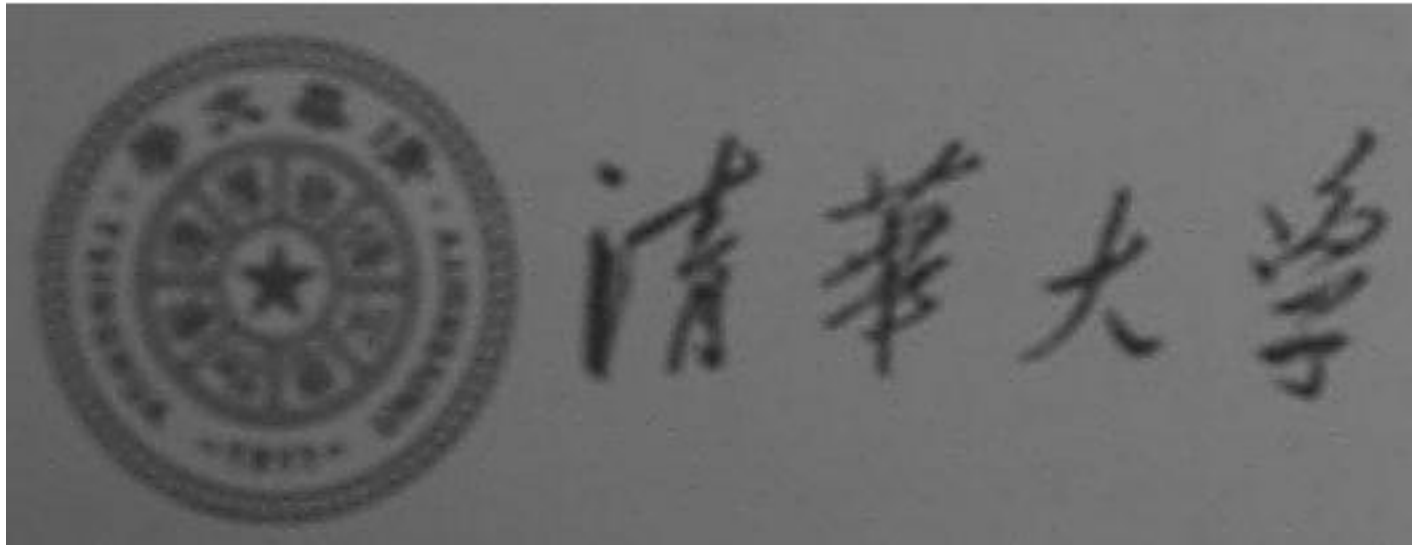
Сравнение



IBP @ PSF 2.0

Patch-Based Blind SR

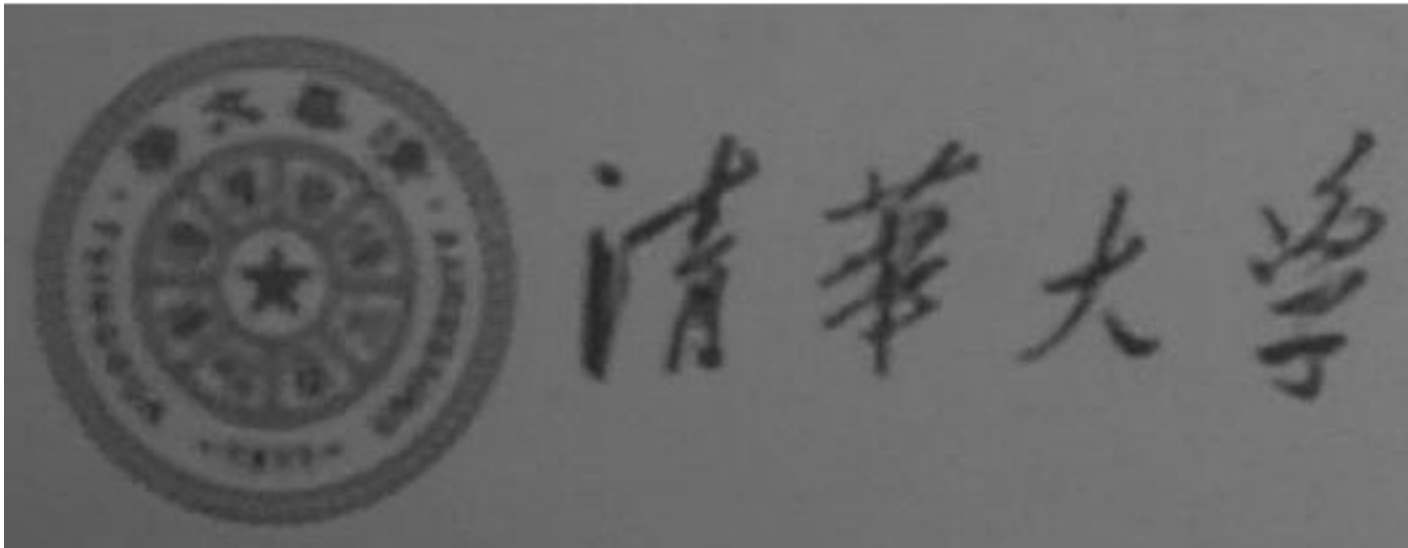
Сравнение



IBP @ PSF 2.5 (ground-truth)

Patch-Based Blind SR

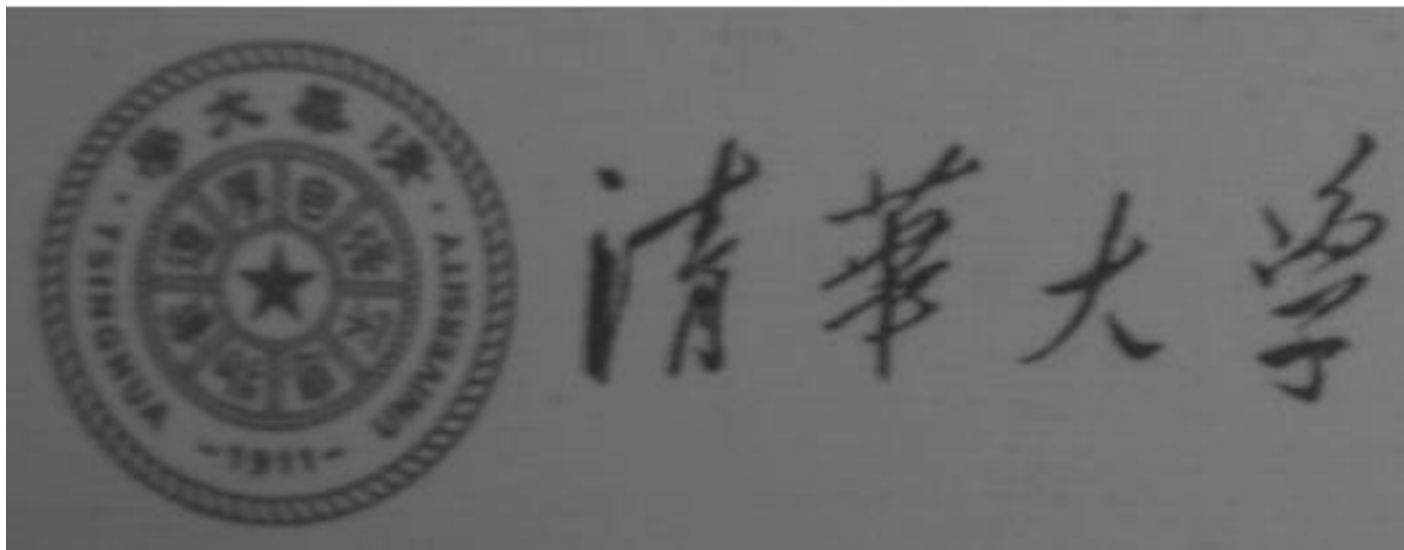
Сравнение



Patch-Based Blind SR

Patch-Based Blind SR

Сравнение



Ground-Truth HR-кадр

Patch-Based Blind SR

Сравнение



bicubic

Patch-Based Blind SR

Сравнение



IBP @ PSF 1.5

Patch-Based Blind SR

Сравнение



IBP @ PSF 2.5 (ground-truth)

Patch-Based Blind SR

Сравнение



Patch-Based Blind SR

Patch-Based Blind SR

Сравнение



Ground-Truth HR-кадр

Patch-Based Blind SR

Выводы



- В меньшей степени зависит от обучающей выборки
- Очень высокая временная сложность поиска в БД и решения задачи MAP
- Требуется лишь общий вид PSF, параметры определяются автоматически

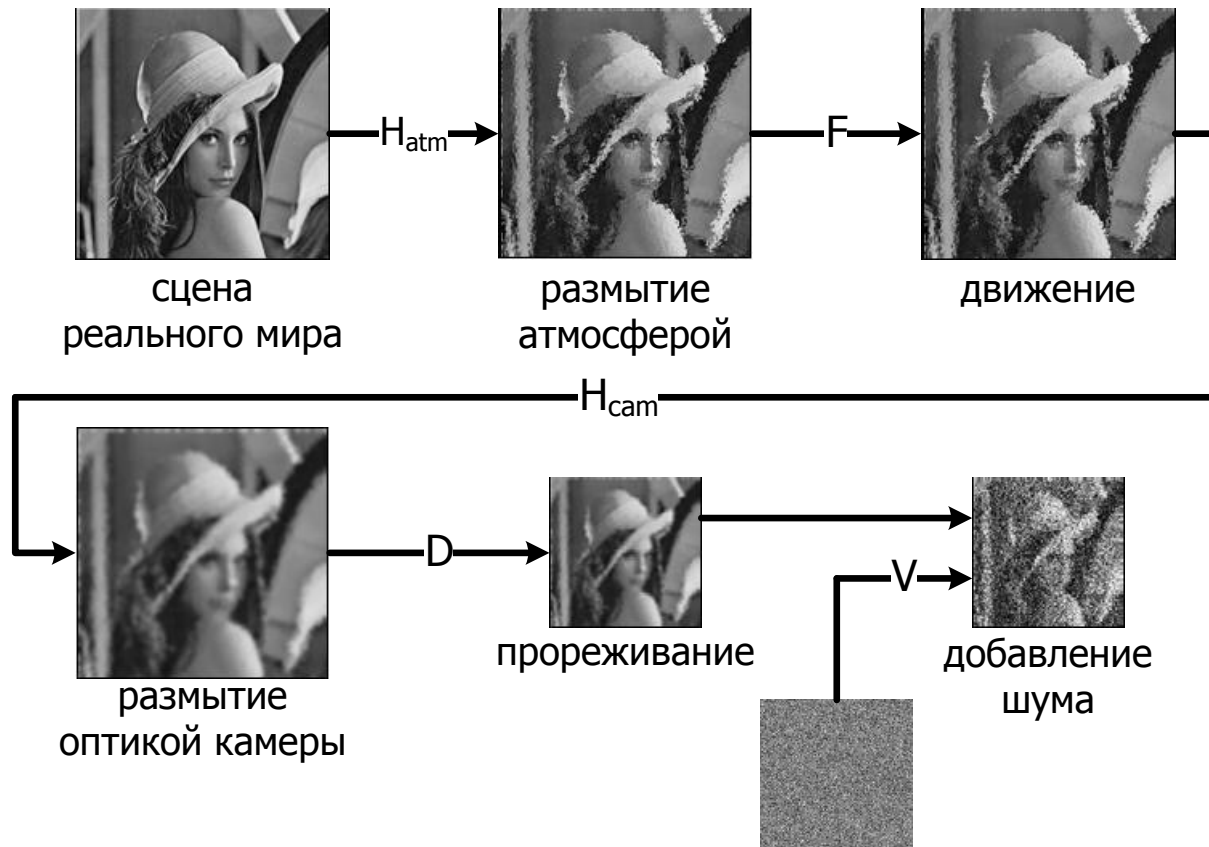


Outline

- Постановка задачи
- Static SR
 - IBP
 - Example-based SR
 - Patch-based Blind SR
 - **MDSP Robust SR**
- Dynamic SR
 - MDSP Dynamic SR
 - Video Example-based SR
 - Video Epitomes

Static SR

Модель преобразования



$$Y = (H_{cam} ** F(H_{atm} ** X)) \downarrow + V$$

MDSP Robust SR

Идея

- Воспользовавшись моделью, найти решение задачи

$$\hat{X} = \operatorname{argmin}_X \sum_{k=1} \rho(Y_k, \tilde{Y}_k(X))$$

искомый
HR-кадр

расстояние между LR-
кадром Y_k и его
аппроксимацией

- Влиянием атмосферы можно пренебречь;
тогда:

$$\tilde{Y}_k(X) = D_k H_k F_k X$$

аппроксимация
кадра Y_k

S. Farsiu, M. D. Robinson, M. Elad, and P. Milanfar. 2004.
Fast and robust multi-frame super-resolution, *IEEE Transactions
on Image Processing*, vol. 13, no. 10, pp. 1327–1344. 69

MDSP Robust SR

Метрика



Семейство норм L_p :

$$\rho(Y_k, \tilde{Y}_k) = \|Y_k - \tilde{Y}_k\|_p^p, p \in [1; 2]$$

- $p=2$ – МНК, не устойчивое усреднение
- $p=1$ – median estimator, устойчив

S. Farsiu, M. D. Robinson, M. Elad, and P. Milanfar. 2004.
Fast and robust multi-frame super-resolution, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 10, pp. 1327–1344. 70

MDSP Robust SR

Регуляризация



- На практике задача либо недоопределена, либо определена, но не устойчива

- Регуляризационное слагаемое $\Psi(X)$:

$$\hat{X} = \operatorname{argmin}_X \left(\sum_{k=1} \rho(Y_k, D_k H_k F_k X) + \lambda \Psi(X) \right)$$

накладывает ограничения на искомый HR-кадр;

λ – регуляризационный параметр

S. Farsiu, M. D. Robinson, M. Elad, and P. Milanfar. 2004.
Fast and robust multi-frame super-resolution, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 10, pp. 1327–1344. 71

MDSP Robust SR

Регуляризация

Виды регуляризации:

- по Тихонову: $\Psi_T(X) = \|\Gamma X\|_2^2$

Γ – highpass фильтр:

- градиент
- Лапласиан
- единичная матрица

- Total variation (TV): $\Psi_{TV}(X) = \|\nabla X\|_1$

S. Farsiu, M. D. Robinson, M. Elad, and P. Milanfar. 2004.
Fast and robust multi-frame super-resolution, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 10, pp. 1327–1344. 72

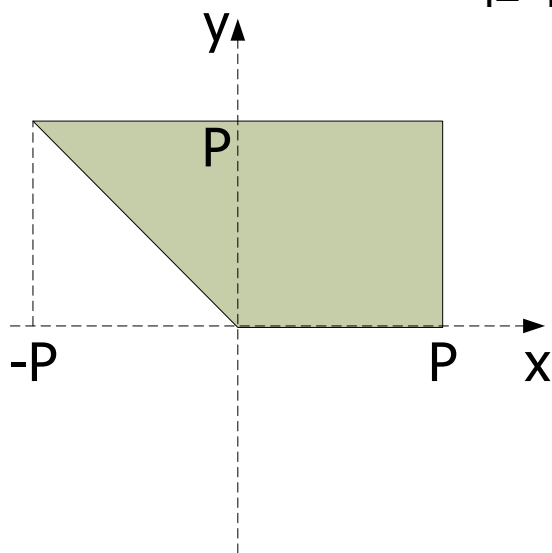
MDSP Robust SR

Регуляризация

Виды регуляризации:

- Bilateral total variation (BTV):

$$\Psi_{\text{BTV}}(X) = \sum_{l=-P}^{l=P} \sum_{m=\max(0,-l)}^P a^{m+|l|} \|X - S_x^l S_y^m X\|_1$$



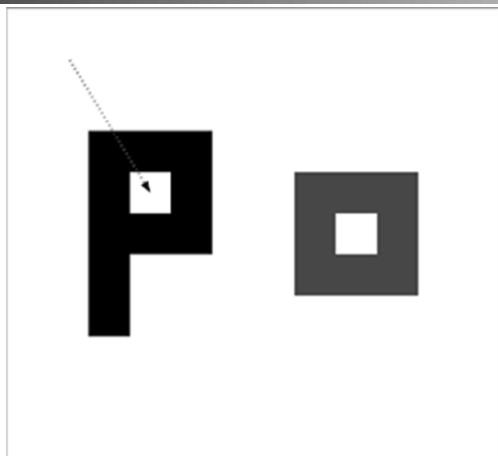
оператор
смещения по оси
x на l пикселей

вес, зависящий
от смещения

оператор
смещения по оси
y на m пикселей

MDSP Robust SR

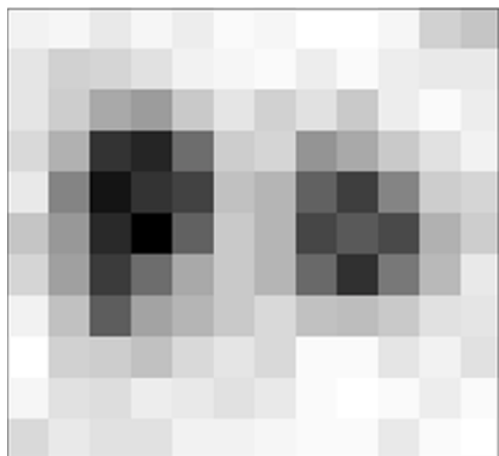
Регуляризация: сравнение@денойзинг



Ground-truth



Noisy



по ТИХОНОВУ



TV



BTV

MDSP Robust SR

Алгоритм Robust SR



Предложено два алгоритма.

Robust SR

Метод градиентного спуска для задачи:

$$\hat{X} = \operatorname{argmin}_X \left(\sum_{k=1}^P \|Y_k - D_k H_k F_k X\|_1 + \lambda \sum_{l=-P}^{l=P} \sum_{m=\max(0, -l)}^P a^{m+|l|} \|X - S_x^l S_y^m X\|_1 \right)$$

S. Farsiu, M. D. Robinson, M. Elad, and P. Milanfar. 2004.
Fast and robust multi-frame super-resolution, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 10, pp. 1327–1344. 75

MDSP Robust SR

Алгоритм Fast Robust SR

Fast Robust SR

Допущения:

- PSF камеры постоянна
- Модель движения – панорамирование

Тогда:

$$\tilde{Y}_k(X) = D_k H_k F_k X = D F_k H X = \{Z = HX\} = D F_k Z$$

MDSP Robust SR

Алгоритм Fast Robust SR

Задача разбивается на две подзадачи:

- поиск размытого изображения:

$$\hat{Z} = \arg \min_Z \left(\sum_{k=1} \|Y_k - DF_k Z\|_1 \right)$$

- деблюринг:

$$\hat{X} = \arg \min_X \left(\left\| (HX - \hat{Z}) \right\|_1 + \lambda' \sum_{l=-P}^{l=P} \sum_{m=\max(0,-l)}^m a^{m+|l|} \left\| X - S_x^l S_y^m X \right\|_1 \right)$$

MDSP Robust SR

Сравнение



Nearest neighbor

MDSP Robust SR

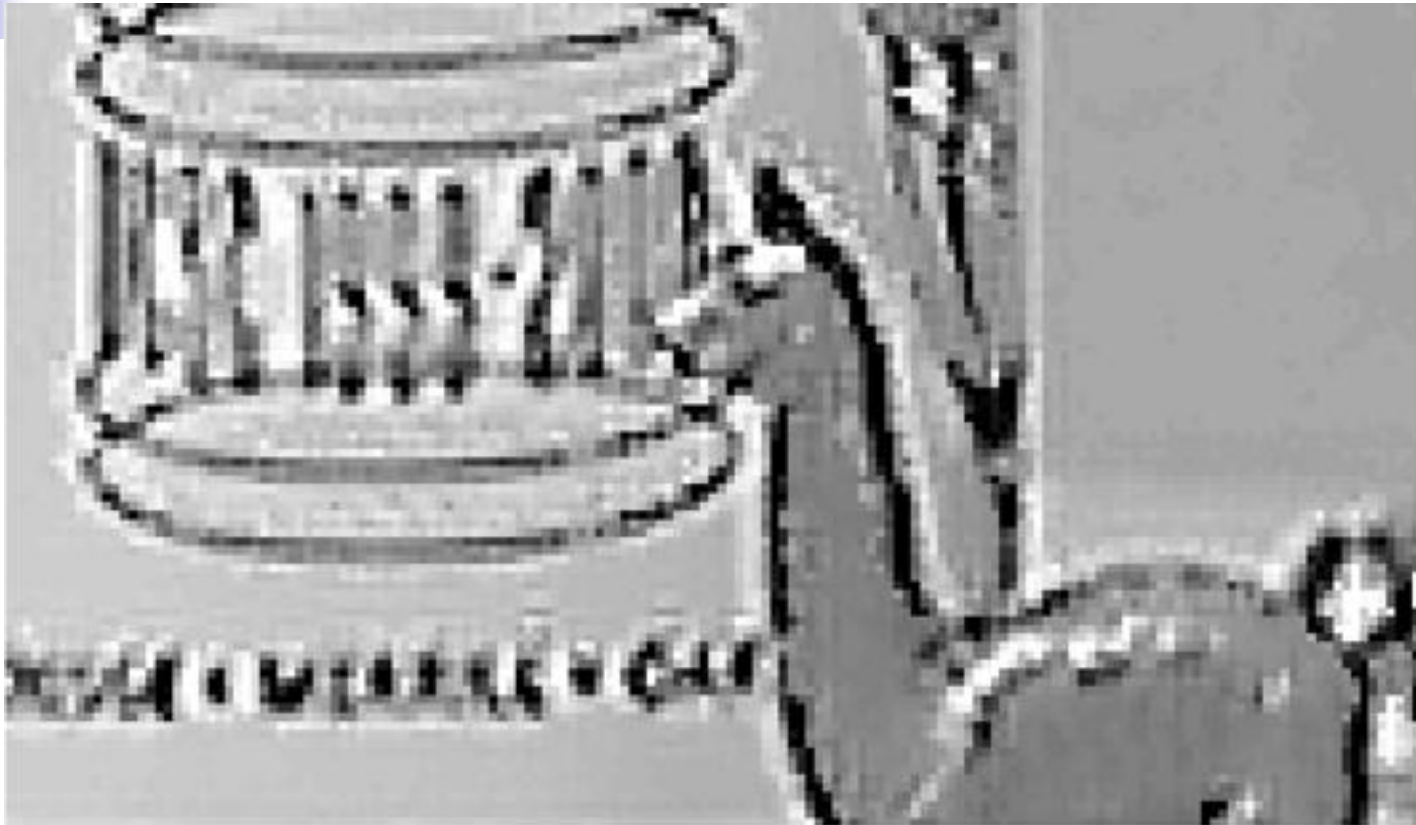
Сравнение



Bicubic

MDSP Robust SR

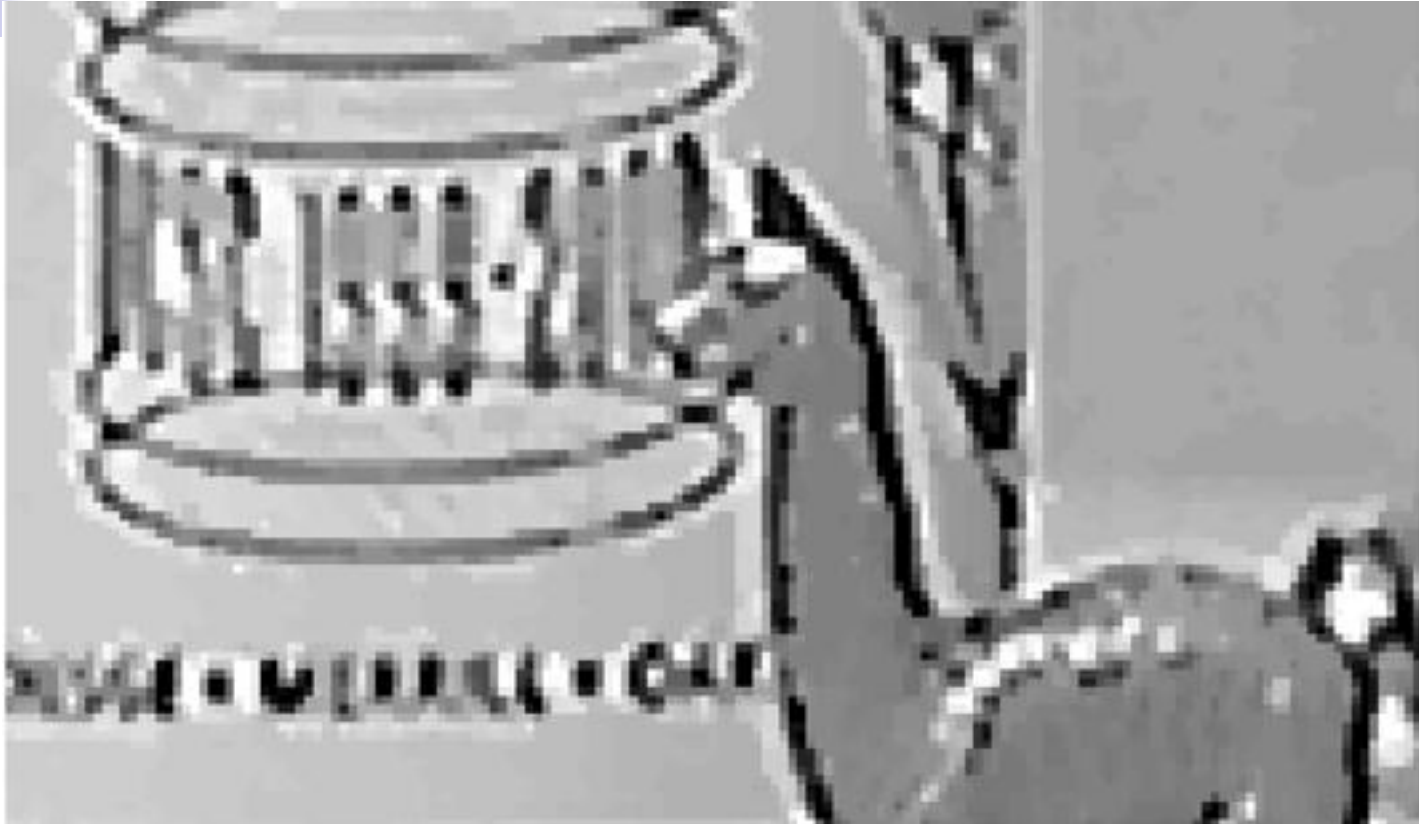
Сравнение



Zomet method

MDSP Robust SR

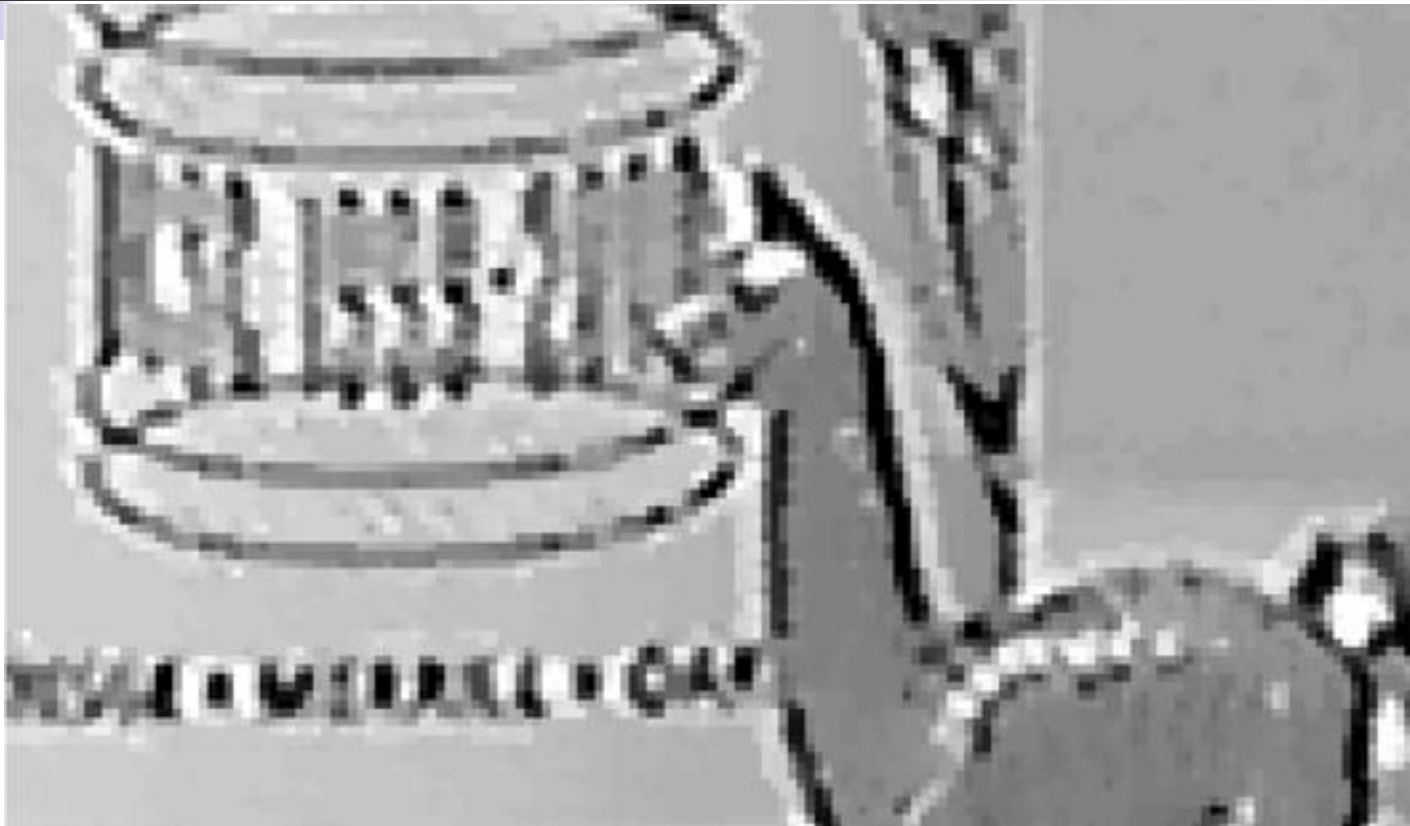
Сравнение



MDSP Robust SR

MDSP Robust SR

Сравнение



MDSP Fast Robust SR

MDSP Robust SR

Выводы



- Требуется априорное знание PSF камеры
- Простая модель движения (для быстрого метода)

Static SR

Выводы



- Точная физическая модель съемки
- Не устойчивы во времени
- Рассчитаны на offline-обработку (высокая временная сложность)



Outline

- Постановка задачи
- Static SR
 - IBP
 - Example-based SR
 - Patch-based Blind SR
 - MDSP Robust SR
- **Dynamic SR**
 - **MDSP Dynamic SR**
 - Video Example-based SR
 - Video Epitomes

MDSP Dynamic SR

Идея



- Описать связь между LR и HR кадрами во времени с помощью фильтра Калмана:

$$\bar{X}(t) = F(t)\bar{X}(t-1) + \bar{U}(t)$$

$$\bar{Y}(t) = D(t)H(t)\bar{X}(t) + \bar{W}(t)$$

$$\bar{U}(t) \cong N(0, C_u(t)); \bar{W}(t) \cong N(0, C_w(t))$$

- Переход к задаче для размытого HR-кадра:

$$\bar{Z}(t) = F(t)\bar{Z}(t-1) + \bar{V}(t)$$

$$\bar{Y}(t) = D(t)\bar{Z}(t) + \bar{W}(t)$$

$$\bar{V}(t) \cong N(0, C_v(t))$$

S. Farsiu, M. Elad, and P. Milanfar Video-to-Video Dynamic Super-Resolution for Grayscale and Color Sequences, 2006, *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, No. Article ID 61859, pp. 1-15.

MDSP Dynamic SR

Алгоритм

- Для кадра t :

$$\tilde{M}(t) = F(t)\hat{M}(t-1)F^T(t) + C_v(t)$$

$$K(t) = \tilde{M}(t)D^T [C_w(t) + D\tilde{M}(t)D^T]^{-1}$$

$$\hat{Z}(t) = F(t)\hat{Z}(t-1) + K(t)[Y(t) - DF(t)\hat{Z}(t-1)]$$

$$\hat{M}(t) = [I - K(t)D]\tilde{M}(t)$$

невязка

скомпенсированный
кадр

- Очень высокая временная сложность

MDSP Dynamic SR

Алгоритм



- Допущения:
 - $C_v(t), C_w(t)$ – диагональные матрицы
 - панорамное движение
- Тогда вычисления существенно упрощаются
- Алгоритм не гарантирует восстановление всех HR-пикселей
- Постобработка: интерполяция и деблюринг (как в *Fast Robust SR*)

S. Farsiu, M. Elad, and P. Milanfar Video-to-Video Dynamic Super-Resolution for Grayscale and Color Sequences. 2006. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, No. Article ID 61859, pp. 1-15.

MDSP Dynamic SR

Сравнение



LR видео



Сравнение с bicubic

S. Farsiu, M. Elad, and P. Milanfar Video-to-Video Dynamic Super-Resolution for Grayscale and Color Sequences. 2006. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, No. Article ID 61859, pp. 1-15.

MDSP Dynamic SR

Выводы



- Простая модель движения
- Необходимость в постобработке



Outline

- Постановка задачи
- Static SR
 - IBP
 - Example-based SR
 - Patch-based Blind SR
 - MDSP Robust SR
- Dynamic SR
 - MDSP Dynamic SR
 - Video Example-based SR
 - Video Epitomes

Video Example-based SR



Идея

- Использовать подход Example-based SR для видео
- Эвристика для подавления мерцания: использовать те же прецеденты, что были использованы в некоторой окрестности в предыдущем кадре

Bishop C., Blake A., and Marthi B. 2003. Super-Resolution Enhancement of Video. In C. M. Bishop and B. Frey (Eds.), *Proceedings of the Ninth International Workshop on Artificial Intelligence and Statistics*.

Video Example-based SR

Результаты



Низкие и средние частоты Ground-truth

Video Example-based SR

Результаты



Низкие и средние частоты Ground-truth + аппроксимация высоких частот

Video Example-based SR

Результаты



Ground-truth

Video Example-based SR



Выводы

- Добавляются не настоящие высокие частоты, а лишь нечто, их заменяющее
- Зависимость от обучающей выборки
- Высокая временная сложность поиска в БД

- При появлении новых объектов эвристика не будет работать

Outline

- Постановка задачи
- Static SR
 - IBP
 - Example-based SR
 - Patch-based Blind SR
 - MDSP Robust SR
- Dynamic SR
 - MDSP Dynamic SR
 - Video Example-based SR
 - **Video Epitomes**

Video Epitomes

Идея



- Видео можно разбить на 3-D кластеры, каждый из которых распределен по Гауссу
- Эпитом – совокупность таких кластеров
- С помощью эпитома можно решать различные задачи восстановления

Cheung V., Frey B. J., and Jojic N. 2005. Video Epitomes.

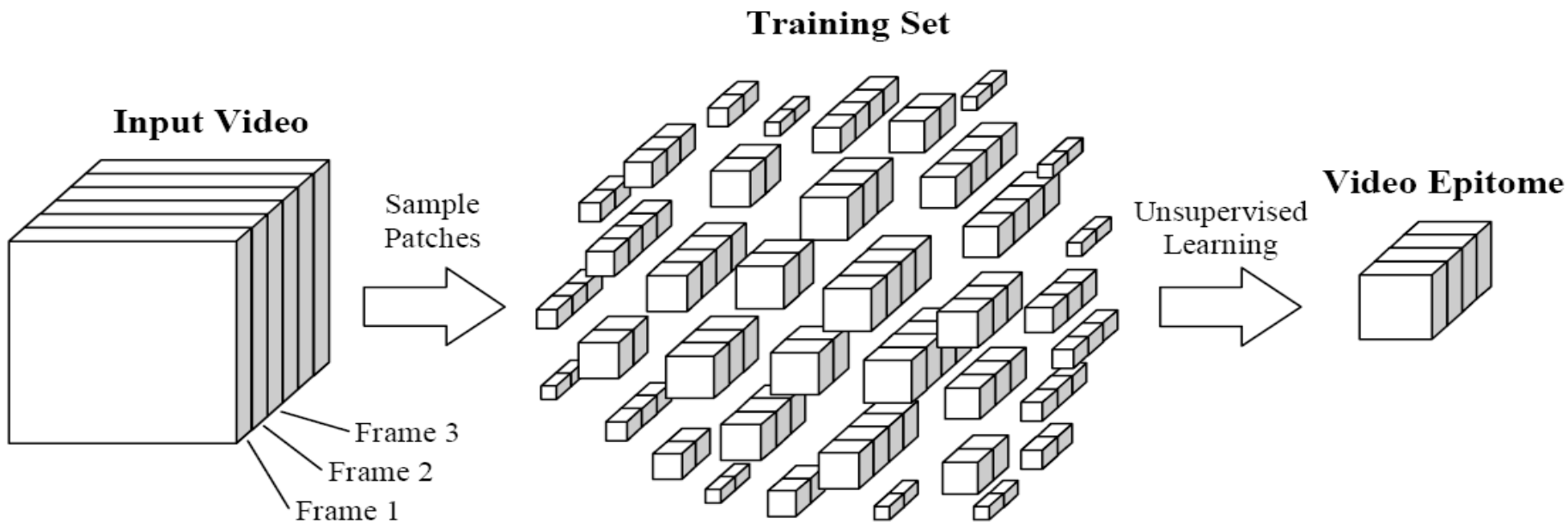
In *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 42-49.

Video Epitomes

Схема

1. Получение эпитома

- Обучающая выборка выбирается случайно
- Кластеризация: модификация алгоритма EM



Процесс получения эпитома из видео

Video Epitomes

Схема



2. Использование эпитома для итеративной генерации значений пикселей в проблемных областях
 - Шумоподавление
 - Super-resolution
 - Увеличение частоты кадров
 - Удаление объектов
 - Заполнение областей

Cheung V., Frey B. J., and Jojic N. 2005. Video Epitomes.

In *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 42-49.

Video Epitomes

Примеры работы



- Шум: RGB-значения пикселей менялись на случайные с вероятностью 50%
- Положение зашумленных пикселей известно

Video Denoising
with Video Epitomes

Vincent Cheung
2005

Cheung V., Frey B. J., and Jovic N. 2005. Video Epitomes.

In *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 42-49.

Video Epitomes

Примеры работы



**Dropped Video
Frames Recovery
with Video Epitomes**

**Vincent Cheung
2005**

Увеличение частоты кадров

**Video Inpainting
with
Video Epitomes**

**Vincent Cheung
2005**

Заполнение областей

Video Epitomes

Примеры работы



**Video Super Resolution
with Video Epitomes**

**Vincent Cheung
2005**

Super-resolution

Video Epitomes

Примеры работы



**Video Super Resolution
with Video Epitomes**

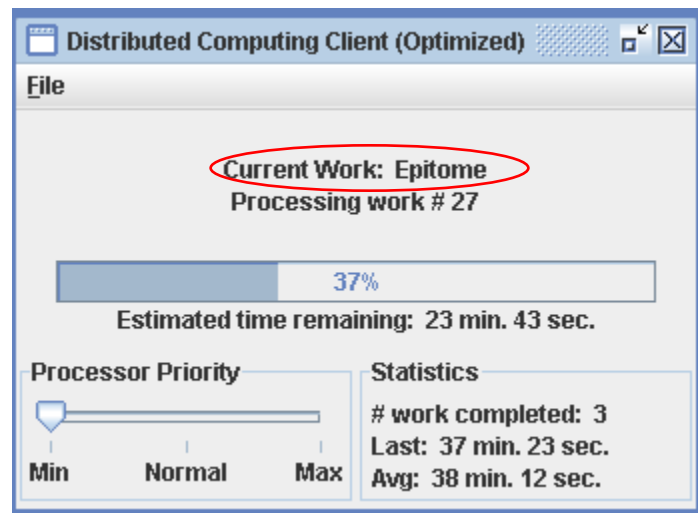
**Vincent Cheung
2005**

Video Epitomes

Выводы



- Большая временная сложность: денойзинг 5 кадров 45×60 – **8 минут** @Athlon64 3600+, Matlab-реализация



- Для обучения необходимо подходящее видео

Cheung V., Frey B. J., and Jojic N. 2005. Video Epitomes.

In *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 42-49.

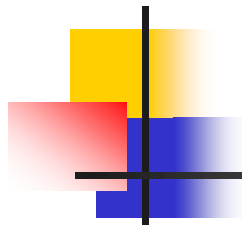


Заключение

- Рассмотрен ряд методов как статического, так и динамического SR
- Для большинства методов характерна большая временная сложность
- Многие методы требуют априорную информацию о камере и применимы лишь для некоторых сценариев съемки

Список литературы

- Irani M., and Peleg S. 1991. Improving Resolution by Image Registration, *Journal of Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 53(3), pp. 231–239.
- Jiang Z., Wong T.T., and Bao H. 2003. Practical Super-Resolution from Dynamic Video Sequences. In *Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 549-554.
- Freeman W. T., Jones T. R., and Pasztor E. C.. 2002. Example-Based Super-Resolution. In *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 22(2), pp. 56–65.
- Wang Q., Tang X., and Shum H. 2005. Patch Based Blind Image Super-Resolution. In *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision*, vol. 1, pp. 709-716.
- S. Farsiu, M. D. Robinson, M. Elad, and P. Milanfar. 2004. Fast and robust multi-frame super-resolution, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 10, pp. 1327–1344.
- S. Farsiu, M. Elad, and P. Milanfar Video-to-Video Dynamic Super-Resolution for Grayscale and Color Sequences. 2006. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, No. Article ID 61859, pp. 1-15.
- Bishop C., Blake A., and Marthi B. 2003. Super-Resolution Enhancement of Video. In C. M. Bishop and B. Frey (Eds.), *Proceedings of the Ninth International Workshop on Artificial Intelligence and Statistics*.
- Cheung V., Frey B. J., and Jojic N. 2005. Video Epitomes. In *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 42-49.



?