

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАТЕМАТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА СИСТЕМНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА НА ПОЛУЧЕНИЕ СТЕПЕНИ БАКАЛАВРА

# Повышение разрешения изображений автомобильных номеров

*Автор:*

Александр Улитин

*Научный руководитель:*

А. Т. Вахитов

24 мая 2012

## Содержание

<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Обзор существующих алгоритмов</b>	<b>2</b>
	Обучаемые алгоритмы . . . . .	2
	Интерполяционные . . . . .	2
	Спектральное представление . . . . .	3
	Регуляризация . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Постановка задачи</b>	<b>3</b>
	Метрика PSNR . . . . .	3
	Интерполяция . . . . .	4
	Изображения как векторы . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Используемые алгоритмы</b>	<b>5</b>
	Обучаемый алгоритм на словарях . . . . .	5
	Алгоритм с использованием регуляризации . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Результаты</b>	<b>5</b>
	Обучаемый алгоритм на словарях . . . . .	5
	Алгоритм с использованием регуляризации . . . . .	5
<b>6</b>	<b>Заключение</b>	<b>6</b>
	какие средства использовались . . . . .	6
	что было сделано . . . . .	6
	Дальнейшее исследование . . . . .	6

## 1 Введение

Цифровое изображение имеет конечное количество пикселей. Количество этих пикселей деленное на единицу площади называется разрешением цифрового изображения.

Для анализа и обработки изображений в большинстве случаев используются изображения высокого разрешения, так как они позволяют увидеть детали, которые не различимы, или плохо различимы на изображениях с низким разрешением. Многие задачи компьютерного зрения изначально полагаются на то, что изображение на входе в хорошем разрешении. С первого взгляда, задача увеличение разрешения чисто аппаратная – чтобы увеличить разрешение необходимо просто взять фотоаппарат с большей разрешающей способностью. Но часто уже имеется некоторая фотография или набор фотографий, и нет возможности повторно произвести съемку. Примером может послужить низкокачественные картинки с изображений камер наблюдения. В этом случае уместно использовать программные алгоритмы повышения разрешения. Эти алгоритмы используют некоторое дополнительное знание о изображении, для того, чтобы качественно повысить разрешение. Примером дополнительных знаний может послужить информация о том, как двигался объект во время съемки, или оптические параметры камеры.

В этой работе рассмотрены два алгоритма для повышения разрешения на примере автомобильных номеров.

## 2 Обзор существующих алгоритмов

Классические алгоритмы Super-Resolution делятся на четыре категории. Существует несколько обзорных статей по этим алгоритмам [6, 8]

### Обучаемые алгоритмы

Обучаемые алгоритмы используют для восстановления изображений используют знание о том, что в действительности изображено на картинке. Такие алгоритмы хорошо подходят для повышения разрешения однотипных изображений, таких как лица или автомобильные номера.

### Интерполяционные

Подход интерполяции наиболее интуитивно понятный метод решения задачи SR. Решение задачи разбивается на три шага: определение относительного движения (Motion estimation) для каждого изображения, неравно-

мерная интерполяция LR изображений на HR сетку, удаление смазывания и шума для полученного HR изображения.

## Спектральное представление

В алгоритмах этого класса используется разложение изображения в некоторый другой базис (примером может являться двумерное дискретное преобразование Фурье, или дискретное косинусное преобразование), и обратное к нему. Этот метод удобен тем, что мелкие детали соответствуют высокочастотным компонентам базиса, и за счет этого становится возможным восстанавливать мелкие детали изображения, которые возможно получить за счет интерполяции с нескольких LR изображений.

## Регуляризация

Алгоритмы с использованием регуляризации используют некоторые знания о природе изображения. Например, в алгоритме MAP используют предположение о вероятности распределений точек.

## 3 Постановка задачи

Для рассуждений необходимо некоторым образом формально записать то, с чем имеем дело. Для

### Метрика PSNR

Для того, чтобы сравнивать несколько алгоритмов повышения разрешения необходимо ввести какую-нибудь количественную метрику. Чтобы иметь возможность посчитать метрику необходимо знать эталонное изображение, то есть такое изображение, которое должен выдать идеальный алгоритм повышения разрешения. Очевидно, что создать эталонный алгоритм невозможно – это отображение из  $N^{n \cdot m} \rightarrow N^{nk \cdot mk}, k \geq 2$ . Знание эталонного изображения несколько выходит за рамки поставленной во введении задачи – в реальных условиях истинное изображение будет неизвестно. Для тестирования алгоритмов были использована стандартная модель получения изображений низкого разрешения из высокого.

Пусть  $x$  – истинное изображение,  $\tilde{x}$  – найденное изображение из изображений низкого разрешения. Посчитаем среднеквадратичную ошибку между пикселями этих изображений.

$$\text{MSE}(\tilde{x}, x) = \frac{1}{m n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [\tilde{x}(i, j) - x(i, j)]^2$$

И выразим отношение  $\text{MAX}_I$  – максимальное значение яркости изображения к среднеквадратичной ошибке в децибелах  $\text{PSNR}(\tilde{x}, x)$ .

$$\text{PSNR}(\tilde{x}, x) = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{\text{MAX}_I^2}{\text{MSE}(\tilde{x}, x)} \right)$$

Это и будет нашей метрикой. Задачей будет достигнуть максимального значения PSNR из имеющихся данных.

## Интерполяция

Одним из наиболее известных способов повышения разрешения является интерполяция. Для любого изображения можно бесконечно повышать разрешения, просто добавляя дополнительные значения между пикселями исходного изображения. Однако, такое повышение разрешения не всегда дает хорошие результаты. Поскольку значение PSNR лишь показывает разницу между двумя изображениями, то нет возможности численно оценить насколько алгоритм Super-resolution хорошо справился с задачей. Но если сравнивать этот же алгоритм со значением полученные каким-либо методом интерполяции то наглядно видно, где алгоритм справляется хорошо, а где плохо.

## Изображения как векторы

Для возможности записывать все операции над изображением как матричное умножение, будем считать, что изображение высокого разрешения, которое мы хотим восстановить  $x$  размера  $L_1 N_1 \times L_2 N_2$  записано в виде вектора в виде вектора  $x = [x_1, x_2, \dots, x_N]^T$ , где  $N = L_1 N_1 \times L_2 N_2$ . Другими словами, изображение  $x$  это то изображение, которое мы бы получили, если бы использовали матрицу фотоаппарата с более большим разрешением. Мы будем рассматривать следующую стандартную модель искажения изображения

$$y_k = DBM_k x + \sigma_k \epsilon$$

$M_k$  матрица геометрического преобразования для конкретного изображения  $y_k$ ,  $B_k$  обозначает матрицу размытия размером  $L_1 N_1 L_2 N_n \times L_1 N_1 L_2 N_2$ ,  $D$  матрица понижения разрешения размера,  $\sigma_k \epsilon$  – аддитивный шум.

## 4 Используемые алгоритмы

Для того, чтобы повысить разрешение автомобильного номера использовались два подхода: обучаемый [9] и с использованием регуляризации [7]. Этот выбор основывался исходя из природы изображения автомобильного номера.

### Обучаемый алгоритм на словарях

В статье [9] авторы предлагают использовать для задачи повышения разрешения одного изображения использовать пару связанных словарей  $D_x$  и  $D_y$  – словари содержащие патчи из пространства изображений с высоким и низким разрешением.

Алгоритм требует предварительного обучения. Для этого была создана база с изображениями автомобильных номеров. Используя авторскую реализацию алгоритма была обучена пара словарей для восстановления изображений.

### Алгоритм с использованием регуляризации

В статье [10] авторы предлагают улучшение алгоритма MAP для повышение изображения.

## 5 Результаты

### Обучаемый алгоритм на словарях

графики сравнения PSNR скорость работы примеры изображений

### Алгоритм с использованием регуляризации

графики сравнения PSNR скорость работы примеры изображений  
сравнение с билинейной/бикубической интерполяцией

## 6 Заключение

какие средства использовались

что было сделано

Дальнейшее исследование

исследование других подходов

автоматическое детектирование

## Список литературы

- [1] Mark R Banham and Aggelos K Katsaggelos. Digital image restoration. *Signal Processing Magazine, IEEE*, 14(2):24–41, 1997.
- [2] David Capel and Andrew Zisserman. Computer vision applied to super resolution. *Signal Processing Magazine, IEEE*, 20(3):75–86, 2003.
- [3] Aram Danielyan, Vladimir Katkovnik, and Karen Egiazarian. Bm3d frames and variational image deblurring. *Image Processing, IEEE Transactions on*, 21(4):1715–1728, 2012.
- [4] Rafael C Gonzalez and E Richard. Woods, digital image processing. *ed: Prentice Hall Press, ISBN 0-201-18075-8*, 2002.
- [5] Aggelos K Katsaggelos, Rafael Molina, and Javier Mateos. Super resolution of images and video. *Synthesis Lectures on Image, Video, and Multimedia Processing*, 1(1):1–134, 2007.
- [6] Kang M. G. Park S. C., Park M. K. Super-resolution image reconstruction: a technical overview. *IEEE Signal Processing Magazine*, 20:21–36, 2003.
- [7] KV Suresh, G Mahesh Kumar, and AN Rajagopalan. Superresolution of license plates in real traffic videos. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 8(2):321–331, 2007.
- [8] Jing Tian and Kai-Kuang Ma. A survey on super-resolution imaging. *Signal, Image and Video Processing*, 5(3):329–342, 2011.
- [9] Jianchao Yang, Zhaowen Wang, Zhe Lin, Scott Cohen, and Thomas Huang. Coupled dictionary training for image super-resolution. *Image Processing, IEEE Transactions on*, 21(8):3467–3478, 2012.
- [10] Jie Yuan, Si-dan Du, and Xiang Zhu. Fast super-resolution for license plate image reconstruction. In *Pattern Recognition, 2008. ICPR 2008. 19th International Conference on*, pages 1–4. IEEE, 2008.
- [11] Юрий Андреевич Землянский. Исследование вариационного подхода в задаче повышения разрешения изображения. Master’s thesis, СПбГУ Математико-Механический факультет, 2012.