

Исследование влияния шумов на результат сверхразрешения по цветным изображениям

Д.А. Аксенова

Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева
Самара, Россия
darinaksema@gmail.com

Е.В. Гошин

Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева
Самара, Россия
goshine@yandex.ru

Аннотация—В настоящей работе представлено исследование влияния различных типов шумов на результат восстановления изображения методом многокадрового сверхразрешения. В качестве видов шумов исследовались: аддитивный шум, шум вида «соль-перец» для цветных пикселей и шум вида «соль-перец» для отдельных слоёв. Для регуляризации использовались квадратичная функция и функция потерь Хьюбера.

Ключевые слова— сверхразрешение, восстановление изображения, метод максимального правдоподобия.

1. ВВЕДЕНИЕ

Задача восстановления изображений, в том числе методами сверхразрешения, распространена в современной научной литературе [1]. В обработке изображений и большинстве ее приложений требуются изображения с высоким или сверхвысоким разрешением. Основная причина данного требования – потребность в лучшем восприятии и интерпретации человеком или машиной для принятия решений [2]. Разрешение изображения обычно связано с количеством пикселей на дюйм (ppi) или точек на дюйм (dpi). Малое количество пикселей ведет к низкому разрешению, соответственно, но с увеличением плотности пикселей, растет качество изображения и его информативность. Однако, по мере увеличения количества пикселей, количество света, попадающего на каждый датчик, уменьшается, что приводит к появлению шумов.

Методы реконструкции изображений со сверхвысоким разрешением используются в разных областях для анализа и извлечения информации из изображений. Например, в медицинской визуализации, спутниковой съемке, распознавании образов, криминалистике [3-4].

Глобально существуют подходы, основанные на восстановлении изображений со сверхвысоким разрешением на основе одного изображения с низким разрешением и на основе последовательности изображений с низким разрешением [5]. В данной работе были исследованы методы реконструкции изображений со сверхвысоким разрешением на из последовательности изображений с низким разрешением.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Предположим, что имеется набор изображений с низким разрешением, которые были получены при помощи одного устройства и в одинаковых условиях. Для решения задачи сверхвысокого разрешения (СР) воспользуемся алгоритмами построения изображения с

высоким разрешением на основе набора искаженных системой визуализации изображений с низким разрешением.

Модель наблюдения будет выглядеть следующим образом:

$$y_k = DB_k^{cam} M_k B_k^{atm} x + \vartheta_k, \quad k = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где y_k – набор изображений с низким разрешением; x – исходное изображение (изображение со сверхразрешением, рис. 1), M_k – проективное преобразование для k изображения, моделирует движение камеры относительно сцены, B_k^{cam} – размытие или функция рассеяния точки (ФРТ), B_k^{atm} – размытие за счет свойств атмосферы, D – понижающая дискретизация при помощи ПЗС-матрицы, а ϑ_k – аддитивный шум k изображения соответственно [6].

Модель можно использовать для инверсии процесса и получения изображение с высоким разрешением из набора изображений низкого разрешения путем оценки изображение высокого разрешения. Для восстановления изображения со сверхвысоким разрешением был использован метод максимального правдоподобия.

Оцененное изображение \hat{z} при помощи метода максимального правдоподобия выражается формулой:

$$\hat{z} = \arg \min_x [\sum_{k=1}^N \|DM_k z - y_k\|_p^p], \quad (2)$$

где k принимает значения в диапазоне от 1 до N , а p принимает значение 1 или 2. При $p = 2$, формируя итоговое изображение итеративно при помощи метода наискорейшего спуска, на каждом шаге оцененное изображение отыскивается по следующей формуле:

$$\widehat{z}_{n+1} = \widehat{z}_n - \beta \sum_{k=1}^N M_k^T D^T (DM_k \widehat{z}_n - y_k). \quad (3)$$

Для восстановления изображения высокого разрешения из последовательности кадров использовался алгоритм наискорейшего спуска, который состоит из следующих шагов:

1. Инициализация текущего изображения высокого разрешения (нулями или случайными значениями).
2. Формирование изображения низкого разрешения из изображения высокого разрешения применением операторов аффинного преобразования, размытия и прореживания.
3. Вычисление разностного изображения между полученным на предыдущем шаге изображением и текущим изображением с низким разрешением из набора.

4. Повышение разрешения разностного изображения с заполнением недостающих пикселей нулями.
5. Применение оператора размытия.
6. Применение обратного аффинного преобразования.
7. Обновление значений текущего изображения с учётом полученной разности и регуляризационного члена.
8. Повторение шагов 2-7 для различных изображений низкого разрешения в течение заданного числа итераций.



Рис. 1. Фрагмент исходного изображения высокого разрешения



Рис. 2. Результат восстановления для различных видов шумов и регуляризации: (а) аддитивный шум, L2 регуляризация, (б) аддитивный шум, функция Хьюбера, (в) импульсный шум послыбно, L2 регуляризация, (г) импульсный шум послыбно, функция Хьюбера, (д) импульсный шум, L2 регуляризация, (е) импульсный шум, функция Хьюбера

Подобный подход применим для восстановления изображения на основе набора монохромных изображений. В работе [7] в рамках данного подхода ранее было приведено экспериментальное исследование влияния шума на изображениях низкого разрешения и параметров минимизируемой функции на результат восстановления. В качестве функции потерь использовалась функция Хьюбера. В настоящей работе данный подход исследуется применительно к цветным изображениям. Также в настоящей работе помимо аддитивного шума исследуется импульсный шум типа «соль-перец». Рассмотрено два специфичных для цветных изображений варианта: когда шум применяется целиком ко всему пикселю или для каждого цветового слоя независимо.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы было проведено исследование влияния шумов на результат восстановления. Полученные результаты представлены на рис.2. Визуальная оценка показывает, что аддитивные шумы, присутствующие в 100% пикселей изображений низкого разрешения сглаживаются и не имеют значительного влияния на результирующее изображение, а импульсный шум, присутствующий на менее 1% пикселей не может быть подавлен ни одним из способов регуляризации, представленными в работе.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания по теме 0777-2020-0017 и программы «Приоритет-2030».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Максимов, А.И. Метод оптимального линейного сверхразрешающего восстановления изображений / А.И. Максимов, В.В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 2021. – Т. 45, № 5. – С. 692-701. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-909.
- [2] Кузнецов, А.В. Исследование влияния размера камуфлируемой области на качество RS-изображений / А.В. Кузнецов, М.В. Гашников // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2021): сб. тр. по материалам VII Междунар. конф. и молодеж. shk. – 2021. – Т. 2. – С. 021712.
- [3] Yang, J. Image super-resolution: Historical overview and future challenges / J. Yang, T. Huang // CRC Press. – 2017. – P. 1-33.
- [4] Мясников, В.В. Реконструкция изображения как задача квадратичного программирования / В.В. Мясников, А.В. Веричев // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2020): сб. тр. по материалам VI Междунар. конф. и молодеж. shk. – 2020. – Т. 2. – С. 47-56.
- [5] Farsiu, S. Advances and Challenges in Super-Resolution / S. Farsiu // Wiley Periodicals, Inc. – 2004. – Vol. 14. – P. 47-57.
- [6] Khattab, M.M. Regularization-based multi-frame super-resolution: A systematic review / M.M. Khattab // Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences. – 2000. – Vol. 3. – P. 755-776.
- [7] Goshin, Y. Noise Compensation in Super-Resolution Problem Using the Huber Loss Function / Y. Goshin, D. Arkhipova // Proceedings of ITNT 7th IEEE International Conference on Information Technology and Nanotechnology. – 2021.