

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ

ОТЧЕТ
по научно-исследовательской работе
Тема: Реферат-обзор предметной области
на тему «Разработка приложения для повышения разрешения
изображения»

Студентка гр. 3303

Саклакова В.А.

Руководители

Шолохов А.В.

Кринкин К.В.

Санкт-Петербург

2018

ЗАДАНИЕ НА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ РАБОТУ

Студентка Саклакова В.А.

Группа 3303

Тема НИР: Реферат-обзор предметной области на тему «Разработка приложения для повышения разрешения изображения»

Задание на НИР:

В ходе выполнения данной научной исследовательской работы предстоит проанализировать различные методы в рамках задачи повышения разрешения изображения. Были определены следующие задачи научной исследовательской работы:

- Описание принципа отбора аналогов.
- Характеристика и перечисление отобранных альтернатив.
- Список критериев с обоснованием выбора каждого.
- Характеристика каждой альтернативы по каждому критерию.

Сроки выполнения НИР: 13.09.2018 – 31.12.2018

Дата сдачи отчета: 31.12.2018

Дата защиты отчета: 31.05.2018

Студентка

Саклакова В.А.

Руководители

Шолохов А.В.

Кринкин К.В.

АННОТАЦИЯ

Целью научно-исследовательской работы является исследование методов повышения разрешения изображения и их сравнение. В ходе данного исследования был произведен обзор предметной области, в частности были рассмотрены различные методы повышения разрешения изображения.

SUMMARY

The purpose of the research work is to research methods of image super-resolution and their comparison. During this research the review of data domain was made, in particular such concepts as different methods of image super-resolution were considered.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. Описание принципа отбора аналогов.....	6
2. Характеристика и перечисление отобранных альтернатив	6
2.1. Постановка задачи	6
2.2. Методы повышения разрешения изображения	7
3. Список критериев с обоснованием выбора каждого	9
3.2. Характеристика каждой альтернативы по каждому критерию.....	9
3.3. Выводы	11
4. Список используемых терминов	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	13
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	14

ВВЕДЕНИЕ

В ходе выполнения данной научной исследовательской работы предстоит подробно изучить предметную область, проанализировать различные методы повышения разрешения изображения и провести их сравнение.

Были определены следующие задачи научной исследовательской работы:

- Описание принципа отбора аналогов.
- Характеристика и перечисление отобранных альтернатив.
- Список критериев с обоснованием выбора каждого.
- Характеристика каждой альтернативы по каждому критерию.
- Провести сравнительный анализ методов.

1. Описание принципа отбора аналогов

В рамках поставленной задачи разработки приложения для повышения разрешения изображения исследуется возможность повышения разрешения с помощью программных средств, который ограничивается выбором следующих альтернатив, применимых к данной задаче: линейные, нелинейные и нейросетевые методы повышения разрешения изображения.

2. Характеристика и перечисление отобранных альтернатив

2.1. Постановка задачи

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

В обработке изображений существует класс методов повышения разрешения изображения, которые позволяют качественно увеличить разрешение исходного изображения, при этом происходит преодоление оптического предела объектива и/или физического разрешения цифрового сенсора, который записал изображение [1].

Методы повышения разрешения изображения часто используются для того, чтобы рассмотреть подробности небольшого фрагмента снимка. Их суть заключается в увеличении количества пикселей на некоторую единицу длины (например, на сантиметр или на дюйм). На сегодняшний день существует множество подходов к решению этой задачи, однако наибольшей популярностью пользуются алгоритмы интерполяции (в частности, метод ближайшего соседа, билинейная и бикубическая интерполяция) [1]. Принцип их работы довольно прост: каждый новый пиксель достраивается на основе некоторого набора окружающих пикселей в соответствии с выбранным фильтром. Такие методы позволяют увеличить разрешение изображения довольно быстро, однако они имеют существенный недостаток — небольшие фрагменты получаются слишком гладкими и мелкие детали картинки теряются.

Использование нейросетевых подходов к решению поставленной задачи позволяют обойти эти недостатки.

2.2. Методы повышения разрешения изображения

– Линейные методы;

Простейшим методом повышения разрешения изображений является интерполяция. При интерполяции изображение представляется в виде функции, где пиксели изображения – точки, в которых значения функции известны. Интерполяция – нахождение промежуточных значений по дискретному набору известных значений. Точное восстановление информации путем интерполяции невозможно. Методы интерполяции основаны на использовании свертки изображения и ядер разных типов.

При решении задачи повышения разрешения цифровых изображений требуется не построение непрерывного изображения, а переход с более грубой сетки на более мелкую сетку. Такой процесс называют ресамплингом изображений, а коэффициент отношения шага крупной сетки к шагу мелкой – коэффициентом повышения разрешения изображения.

Самым простым и самым быстрым линейным методом интерполяции является метод «ближайшего соседа», который заключается в растяжении пикселей. В случае ресамплинга с целым коэффициентом увеличения он представляет собой простое повторение пикселей изображения. Недостатком применения данного метода является ярко выраженный эффект ступенчатости. Восстановленная функция становится более гладкой, если вместо ступенек соединять точки прямыми. Так осуществляется линейная интерполяция первого порядка. Билинейной называется линейная интерполяция первого порядка в двумерном случае. В результате применения такого метода интерполяции появляется неярко выраженные эффекты ступенчатости и размытия изображения.

Наиболее распространенные негативные эффекты, возникающие при повышении разрешения изображений, связаны с искажением высокочастотной информации [1]. Такими эффектами являются размытие, алиасинг

(ступенчатость контуров) и эффект Гиббса. В задачах обработки изображений эффект Гиббса проявляется как эффект ложного оконтуривания, проявляющийся в виде ореолов возле резких контуров.

– Нелинейные методы;

Избавиться от недостатков линейных методов интерполяции можно с помощью адаптивных нелинейных методов, для которых ядро задается отдельно для каждого интерполируемого пикселя и зависит от значений пикселей интерполируемого изображения. Примером нелинейных методов является класс градиентных методов. Градиентные алгоритмы позволяют достичь лучших результатов при интерполяции вдоль контуров деталей изображения путем использования разных ядер вдоль и поперек границ (например, использование функции Гаусса с переменными радиусами по разным направлениям) [2]. В целом результат получается близким к результату бикубической интерполяции, но эффект алиасинга оказывается практически полностью подавленным.

– Нейросетевые методы.

Одним из преимуществ использования искусственной нейронной сети является её способность к обучению, которая может реализовываться в виде изменения внутренних свойств нейронной сети для выполнения требуемых функций. Данный подход предпочтителен тем, что мы можем генерировать почти неограниченную выборку низкоразрешенных изображений, причем как шум, так и нелинейная функция, в отличие от предыдущих методов, могут быть практически произвольными. Подобные подходы активно применяются для решения задачи удаления шума с изображений или устранения размытости в изображениях.

В последние годы наилучшие результаты во многих задачах компьютерного зрения были достигнуты с помощью использования глубоких свёрточных нейронных сетей [3].

3. Список критериев с обоснованием выбора каждого

На сегодняшний день существует два выделенных класса методов оценки качества восстановленных изображений: субъективные оценки (экспертные) и математические оценки (метрики) [4]. В рамках данной работы будут выбраны математические оценки, так как они упрощают и ускоряют процесс оценки, снижают затраты на реализацию. Наиболее распространенными метриками для оценки качества восстановленных изображений являются среднеквадратичная ошибка (Mean Square Error (MSE)) и пиковое отношение сигнала к шуму (Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)) [4].

MSE определяет среднеквадратичное отклонение оригинального и оцениваемого изображения:

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i,j) - K(i,j)]^2,$$

где m, n – размер сравниваемых изображений I и K .

Данная метрика является самой распространённой [4], так как низкозатратная программная реализация и быстрое вычисление. Из недостатков можно отметить, что не всегда большая разница между значениями пикселей – показатель отличия изображений между собой.

PSNR – мера отношения сигнала к шуму:

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right),$$

где MAX_I – максимально возможное значение пикселей на изображении I .

Данная метрика отражает соотношение между максимум возможным значения пикселей изображения и мощностью шума, воздействующего на данное изображение. Единица измерений – децибелы (dB).

3.2. Характеристика каждой альтернативы по каждому критерию

В качестве примера линейного метода была рассмотрена бикубическая интерполяция. Бикубическая интерполяция обладает одним из лучших

сочетаний качества и скорости. Бикубическая интерполяция является обобщением интерполяции кубическими сплайнами на двумерный случай. На рисунке 1 представлен результат работы метода бикубической интерполяции при увеличении масштаба изображения в 4 раза.



Рисунок 1 – Метод бикубической интерполяции.

В качестве примера нелинейного метода был рассмотрен градиентный метод. Суть градиентного метода в том, что интерполирование производится по краям (контуру) изображения и ядро интерполирования по оси абсцисс отличается от ядра интерполирования по оси ординат. На рисунке 2 представлен результат работы градиентного метода.

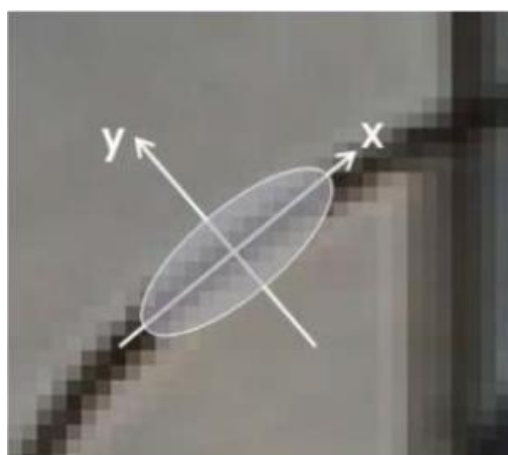


Рисунок 2 – Градиентный метод.

В качестве примера нейросетевого метода была рассмотрена модель GAN сети. На рисунке 3 можно видеть сравнение работы бикубической интерполяции и GAN-сети. Градиентный метод не рассматривался, так как результаты данного метода очень схожи вычислительно с бикубической интерполяцией. Изображение, полученное данным способом похоже на

изображение, полученное с помощью бикубической интерполяции, но эффект ступенчатости сведен к минимуму [5].



3.3. Выводы

По итогам обзора предложенных альтернатив по предложенным меркам можно сделать вывод, что вычислительные значения данных метрик не всегда сравнимы с разницей человеческого восприятия. Также во многих работах экспериментально это было продемонстрировано ([6], [7], [8]). На основе этого можно увидеть, что нейросетевые методы значительно лучше увеличивают разрешение изображения. Также предлагается в качестве дополнительного критерия взять и Structural Similarity (SSIM) Ее отличительной чертой можно назвать тот факт, что она учитывает структурные свойства изображения, и несколько больше соответствует особенностям человеческого восприятия.

4. Список используемых терминов

Алгоритм – набор инструкций, которые описывают порядок действий для достижения некоторого результата.

Изображение – предмет, рисунок, изображающий кого-нибудь, что-нибудь; зрительное воспроизведение чего-нибудь.

Интерполяция – способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений.

Искусственные нейронные сети (ИНС) — математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей.

Математическая модель – это сильно приближенное описание объекта моделирования, выраженное с помощью математических символов.

Машинное обучение (Machine Learning) — обширный подраздел искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных обучаться.

Нейрон - узел искусственной нейронной сети, являющийся упрощённой моделью естественного нейрона.

Обучение – процесс первоначальной настройки нейронной сети.

Пиксель – наименьший логический элемент двумерного цифрового изображения в растровой графике, или элемент матрицы дисплеев, формирующих изображение.

Приложение – программное обеспечение, программа.

Разрешение изображения - величина, определяющая количество точек (элементов растрового изображения) на единицу площади (или единицу длины).

Функция — математическое понятие, отражающее связь между какими-либо значениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения научной исследовательской работы были выполнены следующие задачи:

- Описан принцип отбора аналогов.
- Перечислены отобранные альтернативы с характеристикой каждого.
- Определён список критериев с обоснованием выбора каждого.
- Проведена характеристика каждой альтернативы по каждому критерию.
- Проведён сравнительный анализ методов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маркелов К.С. Модель повышения информативности цифровых изображений на базе метода суперразрешения // Инженерный вестник. 2013, вып. (№3). С. 525-542.
2. Насонов А.В. Регуляризирующие методы повышения изображений: автореф. дисс. канд. техн. наук / МГУ им. М.В. Ломоносова, М., 2011.
3. J. Kim, J. K. Lee, and K. M. Lee, “Accurate image super-resolution using very deep convolutional networks,” arXiv preprint arXiv:1511.04587, 2015.
4. Сидоров Д.В. К вопросу оценки качества множества восстановленных изображений // Прикладная информатика. 2008. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-otsenki-kachestva-mnozhestva-vosstanovlennyh-izobrazheniy>.
5. Шергин В.С. Увеличение полей цифровых изображений методом полей ориентации: диплом. работа. Саратов. гос. университет, Саратов, 2017.
6. J. Johnson, A. Alahi, and L. Fei-Fei, “Perceptual losses for real-time style transfer and super-resolution,” arXiv preprint arXiv:1603.08155, 2016.
7. D. Kundu and B. L. Evans, “Full-reference visual quality assessment for synthetic images: A subjective study,” in Image Processing (ICIP), 2015 IEEE International Conference on. IEEE, 2015, pp. 2374—2378.
8. P. Hanhart, P. Korshunov, and T. Ebrahimi, “Benchmarking of quality metrics on ultra-high definition video sequences,” in Digital Signal Processing (DSP), 2013 18th International Conference on. IEEE, 2013, pp. 1—8.