

*Антаков Александр Юрьевич*

аспирант

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

г. Курск, Курская область

## **ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ И ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

*Аннотация:* в данной статье рассматривается история применения компьютерной графики и методы повышения разрешения изображений. Автором описываются линейные и нелинейные методы повышения разрешения изображений, основываясь на зашумленных изображениях.

*Ключевые слова:* компьютерная графика, цифровая обработка изображений, методы обработки изображений.

Под обработкой изображений понимается не только улучшение зрительного восприятия, но и выделение и классификация информативных признаков на изображениях.

Компьютерная графика является гибким инструментом для обработки графической информации. Условно можно выделить три направления, таких как: визуализация, распознавание образов и цифровая обработка изображений.

Цифровая обработка изображений необходима для решения различных задач, связанных с получением информации из графических объектов. Простейшими примерами такой обработки может быть изменение контраста, яркости, резкости, сглаживание, цветовая коррекция. Цифровую обработку изображений можно условно подразделить на два направления работы, таких как:

1. Кардинальное преобразование изображения для последующей обработки, распознавания, выделения границ и т. п.
2. Улучшение качества изображений для улучшения визуального восприятия человеком или алгоритмов распознавания.

В большинстве случаев обработка заключается именно в улучшении качества, а именно устранении шумов, так как является подготовительным этапом для работы с графическим материалом, если он не удовлетворяет требованиям к качеству. Подобные повреждения изображения могут быть различными:

- некачественное оборудование для захвата изображений – камера, сканер и т. п.;

- плохие условия съемки – сильная зашумленность может возникнуть при ночной фото/видеосъемке;

- помехи при передаче путем аналоговых каналов передачи данных;

- последствия предыдущей обработки.

Широкое распространение компьютерной графики началось в 1990-х годах. В то время работа в этой области была сопряжена с большими временными и финансовыми затратами. Создавалось множество аналогичного друг другу оборудования и программных продуктов, выполняющих схожие функции. В итоге появились такие программные интерфейсы как OpenGL и DirectX, позволяющие строить в виртуальном пространстве большое количество трехмерных объектов, с наложенными поверх текстурами.

Настоящая революция в компьютерной графике произошла в середине 2000-х – начале 2010-х годов. Графическая составляющая компьютерных игр выходит на новый уровень. При создании игр начинают применять методы захвата движений для создания высокодетализированной анимации, а также трехмерное сканирование для получения высокополигональных моделей.

На сегодняшний день существуют научные и технологические задачи, для решения которых требуются изображения с высоким разрешением. Высокое разрешение означает большую плотность пикселей, а следовательно, и более точную детализацию.

Существующие методы повышения разрешения изображений можно разделить на аппаратные и программные.

К аппаратным относятся чисто технические методы повышения разрешения изображений. К ним относятся: использование фото-приемных устройств с микросканированием и макросканированием, а также устройств с более высоким физическим разрешением (светочувствительной матрицей большего разрешения и т. д.).

Программные методы и алгоритмы повышения разрешения можно классифицировать по различным признакам:

– по области реализации разделяют: пространственные и частотные методы;

– по числу повторений: итерационные и прямые;

– по числу кадров: однокадровые и многокадровые.

Также можно классифицировать программные методы повышения разрешения на линейные и нелинейные.

Простейшим классом методов интерполяции изображений является класс линейных методов [2]. Интерполяция – это пространственный (или временной) прогноз значений неизвестных значений пикселей между истинными значениями пикселей. Для повышения разрешения, изображение представляется в виде функции. Пиксели изображения являются точками, в которых значение функции известно. Сутью повышения разрешения изображений является нахождение значений функции в промежуточных точках (добавленных пикселей).

В линейных методах, прежде чем преобразовать исходное изображение в изображение с применением масштабирования, необходимо вычисление для соседних пикселей изображения в зависимости от выбранного алгоритма. Такое вычисление задаётся и решается математически.

Любой линейный метод представляет собой свёртку:

$$f(x) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} F(i)K(i-x), \quad (1)$$

где  $F(i)$  – интенсивность (яркость)  $i$ -ого пикселя на изображении;  $K$  – маска, накладываемая на изображение.

В двумерном случае:

$$f(x, y) = \sum_{i,j=-\infty}^{+\infty} F(i, j)K(i-x)K(j-y), \quad (2)$$

Результат зависит от выбора ядра  $K$ . Различия ядер зависят от выбранного метода.

В зависимости от сложности, линейные методы используют от 0 до 256 (или более) смежных пикселей для интерполяции. От количества смежных пикселей зависит качество результирующего изображения (чем больше количество, тем более точным оказывается результат). Однако, при увеличении количества смежных пикселей, значительно возрастает время обработки. Эти алгоритмы могут использоваться как для развёртки, так и для масштабирования изображения [1].

К наиболее популярным линейным методам можно отнести следующие методы:

- метод ближайшего соседа;
- метод билинейной интерполяции;
- метод сплайновой интерполяции или кубическая (бикубическая в случае функции двух переменных) интерполяция.

Из класса линейных методов невозможно отобрать наилучший метод. Каждый из этих методов представляет собой баланс минимизации одного из артефактов. Наиболее распространёнными артефактами, возникающими при повышении разрешения изображений, являются артефакты, связанные с искажением высокочастотной информации: алиасинг, размытие и эффект Гиббса. Подавление одного из артефактов приводит к усилению других артефактов [3].

Алиасинг – эффект, приводящий к наложению, неразличимости различных непрерывных сигналов при их дискретизации. Пример действия этого эффекта изображен на рисунке 1. Это один из основных негативных эффектов при аналого-цифровом преобразовании видео. Неправильная дискретизация аналогового сигнала приводит к тому, что высокочастотные его составляющие накладываются на низкочастотные, в результате чего восстановление сигнала во времени приводит к его искажениям.

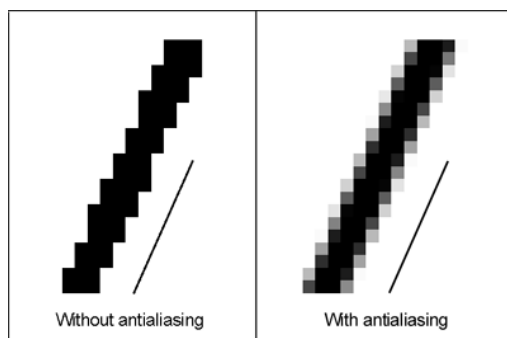


Рис. 1. Алиасинг изображения

Также алиасинг проявляется как зубцеобразный дефект при построении линий и текстур (рисунок 2).

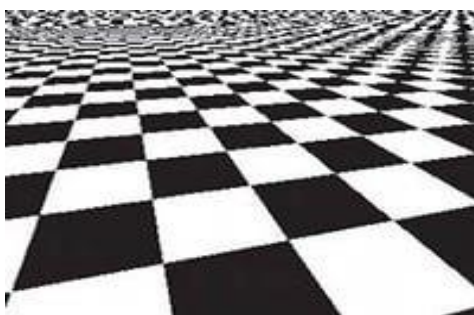


Рис. 2. Алиасинг как зубцеобразный дефект при построении линий и текстур

Эффект Гиббса – это негативный артефакт (эффект), возникающий при интерполяции. Он проявляется на изображениях в виде ореолов (ложного оконтуривания) возле резких перепадов интенсивности, возникающий при недостатке информации о высоких частотах. В отличие от настоящего эффекта Гиббса, в случае ложного оконтуривания наблюдается обычно только одна или две осцилляции [3].

Пример эффекта Гиббса приведен на рисунке 3.

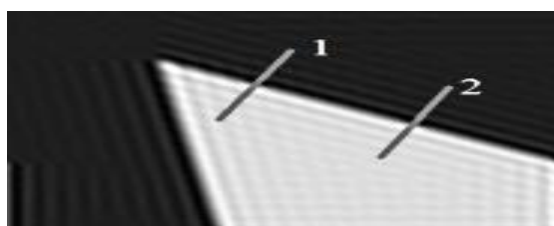


Рис. 3. Эффект Гиббса

Этот артефакт вызван искажением или потерей высокочастотной информации на изображениях и достаточно часто встречается для ряда классов изображений, например, на изображениях, полученных в результате подавления эффекта размытия, на изображениях магнитно-резонансной томографии, на изображениях, подвергнутых передаче через аналоговые каналы связи, и многих других.

На рисунке 4 приведены примеры действия трех наиболее распространёнными артефактов, возникающих при повышении разрешения изображений.



Рис. 4. Примеры трех основных артефактов, возникающих при повышении разрешения изображений

Структурная схема «баланса» артефактов, для каждого из линейных методов интерполяции представлена на рисунке 5



Рис. 5. Структурная схема «баланса» артефактов, для каждого из линейных методов интерполяции

Существуют методы, в которых минимизированы вышеприведенные артефакты. Это так называемые нелинейные методы повышения разрешения изображений. Они сложнее с вычислительной точки зрения, однако позволяют устранить данные эффекты [4].

Основная идея нелинейных методов повышения разрешения изображений: использование разных ядер для интерполяции вдоль и поперёк границ. На рисунке 6 приведен пример данного метода.



Рис. 6. Пример различного распределения ядра  $K$  вдоль и поперек границ

Нелинейные методы позволяют устранять эффекты артефактов, которые остаются после применения алгоритмов линейных методов. В нелинейных методах гораздо больше математических вычислений. В данных методах функция усреднения  $K(x,y)$  задаётся отдельно для каждого интерполируемого пикселя и зависит от значений пикселей интерполируемого изображения.

Нелинейные алгоритмы в большинстве лицензированных программах, таких как Genuine Fractals, PhotoZoom Pro, Qimage и в других. В некоторых из этих программ нелинейные методы в совокупности с специальными алгоритмами на основе попиксельного анализа, применяются только при обнаружении границы перехода (яркости, цвета и т. д.) – с целью минимизировать неприглядные дефекты интерполяции в местах, где они наиболее видны. Данные алгоритмы в первую очередь разработаны для максимизации бездефектной детализации увеличенных изображений.

К наиболее популярным нелинейным методам можно отнести следующие методы:

- градиентные методы;

- метод NEDI;
- методы фрактального кодирования.

При нелинейном восстановлении изображений (как почти во всех операциях, связанных с нелинейностями) основная трудность заключается в объеме вычислений. В нелинейных системах эффективность вычислений не такая высокая, как при линейной обработке. В силу этого из всех методов нелинейного восстановления изображений лишь немногие применяются для обработки крупных изображений, так как при большом количестве отсчетов число вычислительных операций чрезмерно возрастает [5].

Также при использовании некоторых из нелинейных методов, при работе с чёрно-белым изображением возникают артефакты, проявляющиеся в виде цветных пятен. Данный артефакт представлен на рисунке 7. Красными линиями обозначены места наиболее заметного проявления данного эффекта.

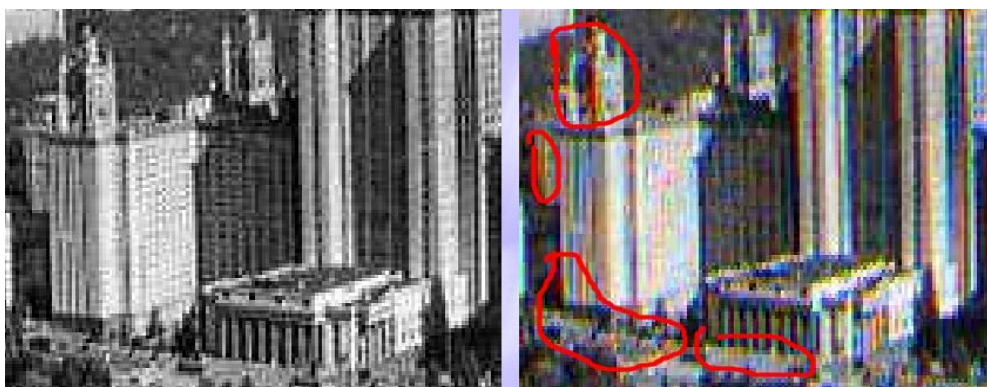


Рис. 7. Появление цветных пятен (линий) при обработке черно-белых изображений

Таким образом, в процессе развития технологий в области компьютерной графики человечество получило мощнейший инструмент, позволяющий решать обширные задачи по обработке изображений и создания специальных эффектов. В статье была рассмотрена задача повышения разрешения с помощью линейных и нелинейных методов. Приведенные результаты убедительно доказывают перспективность использования этих методов, но необходимо учитывать побочные эффекты.



### ***Список литературы***

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: В 2-х кн. / У. Прэтт; пер. с англ. под ред. Д.С. Лебедева. – М.: Мир, 1982. – Кн 2. – 790 с.
3. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера. – М.: Физматлит, 2001. – 784 с.
4. Hartley R. Multiple View Geometry in Computer Vision / R Hartley, A. Zisserman. – 2ed. – OUP, 2003.
5. Насонов А.В. Развитие методов повышения качества изображений лиц в видеопотоке / А.В. Насонов, А.С. Крылов, О.С. Урмаев.