

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ГРАДАЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ УЛУЧШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследование основных градационных преобразований улучшения изображений на примере заданных цифровых двумерных изображений.

#### 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Главная цель улучшения заключается в такой обработке изображения, чтобы результат оказался более подходящим с точки зрения конкретного применения.

Градационные преобразования изображений являются подгруппой группы пространственных методов улучшения изображений. Термин *пространственная область* относится к плоскости изображения как таковой, и, таким образом, все пространственные методы основаны на прямом манипулировании пикселями изображения.

Градационные преобразования – это процедуры, оперирующие непосредственно значениями пикселей изображения. Процессы градационной обработки описываются уравнением:

$$s(x,y) = T[r(x,y)], \quad (1.1)$$

где  $r$  и  $s$  – переменные, обозначающие, соответственно, значения яркостей исходного и результирующего изображений в каждой точке  $(x,y)$ ;  $T$  – некий оператор преобразования над исходным изображением.

В этом случае  $s(x,y)$  зависит только от значения яркости  $r(x,y)$  исходного изображения, и  $T$  становится *функцией градационного преобразования яркостей* (также *функция преобразования интенсивностей* или *функция отображения*).

Определяя зависимость (1.1), можно построить некоторые довольно простые, но действенные методы пространственной обработки изображений (рис. 1.1). Поскольку результат улучшения каждого элемента изображения зависит только от яркости этого же элемента, методы данной категории часто относят к процедурам поэлементной обработки.

Поскольку мы имеем дело с дискретным (квантованным) представлением, значения функции преобразования, как правило, хранятся в одномерном массиве, и отображение  $r \rightarrow s$  осуществляется по таблице. В случае 8-битного представления таблица преобразования, содержащая значения  $T$ , будет состоять из 256 элементов.

В качестве введения в градационные преобразования рассмотрим рис. 1.2, на котором показаны три основных типа преобразований, часто используемых для улучшения изображений: линейное (негатив и тождественное преобразование), логарифмическое (логарифм и обратный логарифм) и степенное ( $n$ -я степень и корень  $n$ -й степени).

Тождественное преобразование является тривиальным случаем, при котором яркости на выходе идентичны яркостям на входе. Оно приведено на графике только для полноты рассмотрения.

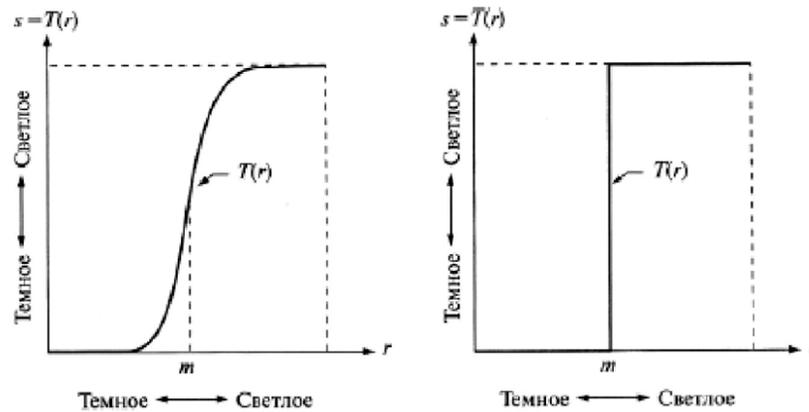


Рис. 1.1. Градационное преобразование для улучшения контраста

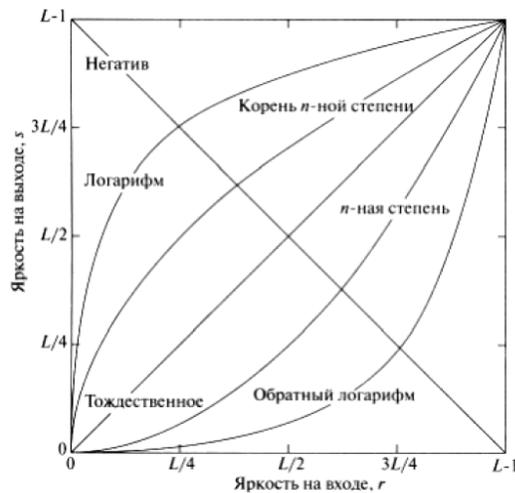


Рис. 1.2. Некоторые основные функции градационных преобразований, используемых для улучшения изображений

Рассмотрим другие типы градационных преобразований более подробно.

### ***Негативное преобразование***

Преобразование изображения в негатив с яркостями в диапазоне  $[0, L-1]$  осуществляется с использованием негативного преобразования, определяемого выражением:

$$s = (L-1) - r \quad (1.2)$$

Подобный переворот уровней яркости изображения создает эквивалент фотографического негатива. Этот тип обработки особенно подходит для усиления белых или серых деталей на фоне темных областей изображения, особенно когда темные области имеют преобладающие размеры.

### ***Обратное логарифмическое преобразование***

Общий вид логарифмического преобразования, выражается формулой:

$$s = c \lg(1+r), \quad (1.3)$$

где  $c$  – константа и предполагается, что  $r > 0$ .

Форма логарифмической кривой показывает, что данное преобразование отображает узкий диапазон малых значений яркостей на исходном изображении в более широкий диапазон выходных значений. Для больших значений входного сигнала верно противоположное утверждение.

Наоборот, при использовании обратного логарифмического преобразования происходит растяжение диапазона ярких пикселей и сжатие диапазона темных пикселей.

Любая кривая, имеющая общий вид, близкий к показанной на рис. 1.2 логарифмической функции, будет осуществлять такое растяжение/сжатие диапазонов яркости на изображении. Более универсальными, чем логарифмические, являются степенные преобразования, но, несмотря на это, логарифмическая функция имеет важную особенность: позволяет сжимать динамический диапазон изображений, имеющих большие вариации в значениях пикселей.

### ***Степенные преобразования***

Степенные преобразования имеют вид:

$$s = cr^{\gamma}, \quad (1.4)$$

где  $c$  и  $\gamma$  являются положительными константами.

Так же, как в случае логарифмического преобразования, кривые степенных зависимостей при малых  $\gamma$  отображают узкий диапазон малых входных значений в широкий диапазон выходных значений, при этом для больших входных значений верно обратное утверждение. Однако в отличие от логарифмических функций, здесь возникает целое семейство кривых возможного преобразования, получаемых простым изменением параметра  $\gamma$ . Как и следовало ожидать, кривые, полученные со значениями  $\gamma > 1$ , дают прямо противоположный эффект по сравнению с теми, которые получены при  $\gamma < 1$ . Наконец отметим, что уравнение (1.4) приводится к тождественному преобразованию при  $c = \gamma = 1$ .

Амплитудная характеристика многих устройств, используемых для ввода, печати или визуализации изображений, соответствует степенному закону. Процедура, используемая для коррекции такой степенной характеристики, называется *гамма-коррекцией*.

Гамма-коррекция необходима, если требуется точное воспроизведение изображения на экране компьютера. Изображения, которые не откорректированы правильно, могут выглядеть или как выбеленные, или, что более вероятно, как слишком темные. Правильное воспроизведение цветов также требует некоторых знаний о гамма-коррекции, поскольку подобное преобразование меняет не только яркость, но также соотношения между красным, зеленым и синим цветами.

### ***Кусочно-линейные функции преобразований***

Подходом, дополняющим рассмотренные методы, является использование кусочно-линейных функций. Главное преимущество кусочно-линейных функций по сравнению с выше рассмотренными состоит в том, что их форма может быть сколь угодно сложной. На самом деле практическая реализация некоторых важных преобразований может быть осуществлена только с помощью кусочно-линейных функций. Основным недостатком кусочно-линейных функций заключается в том, что для их описания необходимо задавать значительно большее количество параметров.

### ***Усиление контраста***

Одним из простейших случаев использования кусочно-линейных функций является преобразование, усиливающее контрасты. Усиление контраста достигается увеличением динамического диапазона яркостей на обрабатываемом изображении.

На рис. 1.3 показано типичное преобразование, используемое для усиления контраста. Положения точек  $(r_1, s_1)$  и  $(r_2, s_2)$  задают вид функции преобразования. Если  $r_1 = s_1$  и  $r_2 = s_2$ , преобразование становится тождественным, не вносящим изменения в значения яркостей. Если  $r_1 = r_2$  и  $s_1 = 0, s_2 = L-1$  преобразование превращается в пороговую функцию, которая в результате дает бинарное изображение. Промежуточные значения  $(r_1, s_1)$  и  $(r_2, s_2)$  обеспечивают различные степени растяжения уровней яркости на результирующем изображении, меняя тем самым его контраст. Вообще говоря, условия  $r_1 < r_2$  и  $s_1 < s_2$  означают, что функция является однозначной и монотонно возрастающей, что обеспечивает сохранение правильной последовательности уровней яркости, предотвращая тем самым появление ложных деталей на обработанном изображении.

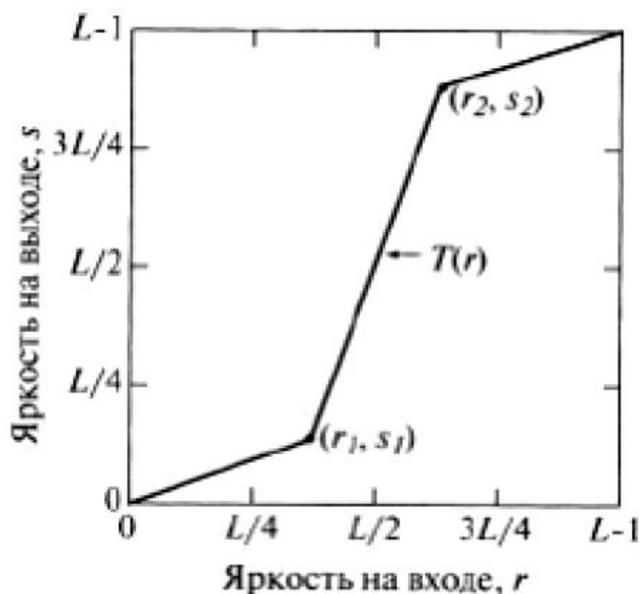


Рис. 1.3. Вид функции усиления преобразования для усиления контраста

### ***Вырезание диапазона яркостей***

Зачастую желательно выделить какой-то конкретный диапазон яркостей на изображении. Так, в практических применениях может потребоваться улучшение контраста только отдельных деталей. Существуют различные способы вырезания уровней яркости, однако большинство из них являются вариациями двух следующих подходов.

Первый подход состоит в отображении всех тех уровней, которые представляют интерес, некоторой одной фиксированной яркостью, а всех остальных уровней – другой

(более высокой или более низкой). Такое преобразование, показанное функцией на рис. 1.4 (а), дает в результате бинарное изображение.

Второй подход, основанный на преобразовании с функцией на рис. 1.4 (б), фиксирует яркость точек из выбранного диапазона, но сохраняет яркости фона и остальных точек изображения. Легко построить дальнейшие разновидности двух преобразований.

### ***Вырезание битовых плоскостей***

Вместо выделения диапазонов яркостей, может оказаться полезным выделение информации о вкладе тех или иных битов в общее изображение.

Если каждый пиксель изображения кодирован 8 битами, то все изображение можно представить себе в виде 8-битовых плоскостей, ранжированных от плоскости 0 с наименее значащими битами до плоскости 7 с наиболее значащими. В терминах 8-битовых байтов плоскость 0 содержит все младшие биты, а плоскость 7 – все старшие биты из составляющих изображение байтов. Можно заметить, что старшие биты (главным образом первые четыре) содержат основную часть визуально значимых данных. Остальные битовые плоскости дают вклад в более тонкие детали изображения.

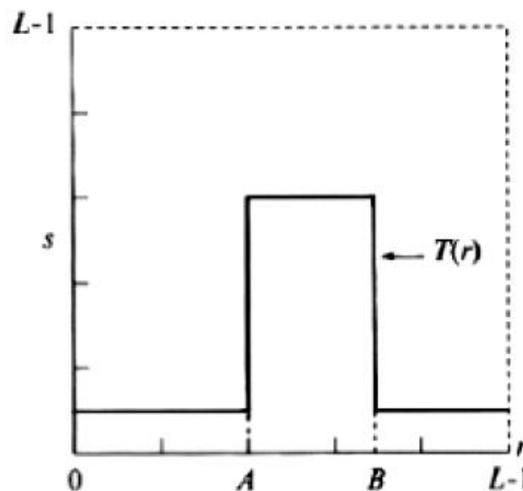


Рис. 1.4 (а). Вырезание диапазона яркостей  $[A, B]$  с приведением остальных значений к константе

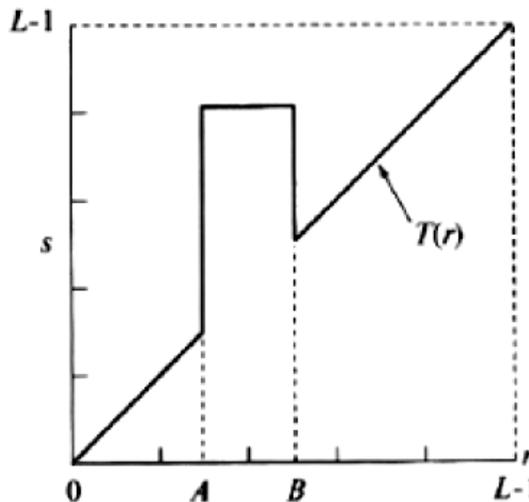


Рис. 1.4 (б). Вырезание диапазона яркостей  $[A, B]$  с сохранением остальных значений

Разделение цифрового изображения на битовые плоскости полезно для анализа относительной информативности, которую несет каждый бит изображения, что позволяет оценить необходимое число битов, требуемое для квантования каждого пикселя, например, при сжатии изображений.

На основе извлечения битовых плоскостей из 8-битового изображения нетрудно показать, что (бинарное) изображение битовой плоскости 7 может быть получено обработкой исходного изображения пороговым градационным преобразованием, которое отображает все уровни изображения от 0 до 127 в некоторый один (например, 0), а все уровни от 128 до 255 – в другой (например, 255).

### 3. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Выбрать (произвести) одну из фотографий достаточно низкого качества, необходимого для демонстрации результатов ее обработки. Исходная палитра изображения: 256 оттенков серого.

Написать или использовать готовую программу, выполняющую следующие преобразования изображений:

- негативное;

- прямое и обратное логарифмическое, подобрав коэффициент  $c$  так, чтобы исходный диапазон яркостей отображался в диапазон палитры;
- степенное с произвольным значением гаммы, подобрав коэффициент  $c$  как указано выше;
- бинарное с произвольным значением порога;
- вырезания произвольного диапазона яркостей обоими подходами (с приведением пикселей вне указанного диапазона к произвольной константе и сохранением значений);
- вырезание произвольной битовой плоскости.

Показать преподавателю исходную фотографию, результат (обработанную фотографию), обосновать необходимость определенной обработки, пояснить алгоритм. Можно использовать один из алгоритмов, приведенный в методичке, либо иной, но в рамках тематики лабораторной работы.

#### **4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

- 4.1. Титульный лист с названием лабораторной работы, фамилией и группой.
- 4.2. Для каждого проводимого преобразования отобразить результирующее изображение в сравнении с исходным, указав при этом параметры преобразования.
- 4.3. Выводы о проделанной работе согласно цели.

#### **5. СПИСОК КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ**

- 5.1. Место градационных преобразований в методах улучшения изображений. Общий вид градационного преобразования.
- 5.2. Назначение логарифмических и степенных преобразований.
- 5.3. Записать выражение обратного логарифмического преобразования.
- 5.4. Пример растяжения динамического диапазона изображения до масштаба палитры изображения (показать графически).
- 5.5. График бинарного (порогового) преобразования.
- 5.6. Вид графика функции вырезания битовых плоскостей (0...7).

5.7. Какой порог необходимо установить в случае бинарного преобразования для достижения такого же эффекта, что и для вырезания 7-битовой плоскости?

## **6. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Яне, Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне. – М. : Техносфера, 2007.
- [2] Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2006.
- [3] Дуда, Р. Распознавание образов и анализ сцен / Р. Дуда, П. Харт. – М. : Мир, 1976.
- [4] Павлидис, Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений / Т. Павлидис. – М. : Радио и связь, 1986.
- [5] Прэтт, У. Цифровая обработка изображений. В 2 т. / У. Прэтт. – М. : Мир, 1982.