

## Лабораторная работа №3

### Обработка цифровых изображений: пороговая обработка и нелинейные фильтры

Лабораторная работа №3 по обработке цифровых изображений посвящена изучению и практическому применению методов пороговой обработки и нелинейных фильтрации.

**Цель работы:** исследование и практическое применение методов локальной и адаптивной пороговой обработки, а также нелинейных фильтров на основе порядковых статистик для сегментации и улучшения качества цифровых изображений.

#### **Пороговая обработка изображений**

Пороговая обработка — операция сегментации, преобразующая полутононое изображение в бинарное (чёрно-белое) путем сравнения яркости каждого пикселя с пороговым значением. В отличие от глобальной пороговой обработки, где используется единый порог для всего изображения, локальные и адаптивные методы вычисляют порог индивидуально для каждой области. Рассматриваются три основных метода пороговой обработки:

##### *Локальная пороговая обработка (метод Ниблэка)*

Метод Ниблэка вычисляет порог по формуле  $T = m + k^* \sigma$ , где  $m$  – средняя яркость в локальном окне,  $\sigma$  – стандартное отклонение, а  $k$  – отрицательная константа (обычно от -0.2 до -0.5). Алгоритм хорошо выделяет тёмные объекты на текстуированном фоне, так как на участках с большим разбросом значений (высокое  $\sigma$ ) порог снижается. Ключевые параметры: размер окна (от 3x3 до 31x31 с шагом 2) и константа  $k$  (в интерфейсе – параметр С от 1 до 20). Маленькие окна сохраняют детали, но чувствительны к шуму; большие – сглаживают, но размыают границы.

##### *Локальная пороговая обработка (метод Савольды)*

Метод Савольды является развитием метода Ниблэка и использует формулу  $T = m * [1 + k^*(\sigma/R - 1)]$ , где  $R$  – константа, обычно 128. Нормализация  $\sigma/R$  делает метод автоматически адаптивным к яркости области: на светлых участках порог снижается сильнее для выделения тёмных деталей, на тёмных – слабее, чтобы не усиливать шум. Это делает метод Савольды особенно эффективным для изображений с сильными перепадами освещения. Параметры аналогичны: размер окна и коэффициент  $k$  (также управляемый через С).

##### *Адаптивная пороговая обработка*

Адаптивная пороговая обработка – более сложный алгоритм с ветвлением логики. Для каждого пикселя анализируется окрестность

(окно), вычисляются максимум, минимум и среднее. Далее, в зависимости от того, какое отклонение от среднего больше (максимума или минимума), выбирается одна из двух формул для расчёта порога, в которые входит параметр  $\alpha$  (Константа С).

Если отклонения равны, алгоритм может рекурсивно увеличить размер окна для повторного анализа. Этот метод наиболее интеллектуален и эффективен для сильно зашумлённых изображений или сцен со сложной, мешающей текстурой, где простые формулы не справляются.

### **Нелинейные фильтры**

Нелинейные фильтры (порядковые статистики) – это фильтры, заменяющие значение пикселя на определённую статистику из значений в его окрестности после их сортировки. К ним относятся: медианный фильтр (берет медиану, quantile=0.5), эффективно удаляющий импульсный шум «соль-перец»; фильтр минимума (quantile=0.0), подчёркивающий тёмные области; фильтр максимума (quantile=1.0), подчёркивающий светлые области; и универсальный квантильный фильтр, позволяющий задать любой квантиль  $q$  от 0.0 до 1.0 для плавного перехода между эффектами.

Основные параметры: размер фильтра (окна) и значение квантиля. Размер окна для нелинейных фильтров в данной работе может достигать 39 для создания более выраженного эффекта.

### **Влияние параметров на обработку изображения**

#### *Размер окна (нелинейные фильтры):*

Малый (3-7): Высокая детализация, сохранение границ, но чувствительность к шуму. Для точечной коррекции (удаление одиночных шумов).

Средний (11-19): Оптимальный баланс между сохранением деталей и подавлением шума. Для большинства стандартных задач.

Большой (23-39): Сильное сглаживание, устойчивость к шуму, но потеря мелких деталей и размытие. Для глобального подавления текстуры или создания спецэффектов.

#### *Размер окна (пороговая обработка):*

Маленькое окно ( $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ): Локальный анализ. Применять для сохранения мелких деталей и чётких границ (текст, тонкие линии, изображения с минимальным шумом). Чувствительно к шуму, создаёт артефакты на однородных участках.

Среднее окно ( $11 \times 11$ ,  $15 \times 15$ ): Региональный анализ. Универсальная настройка для большинства изображений нормального качества. Хорошо подавляет шум, сохраняя основные объекты и границы. Может слегка размывать очень мелкие детали.

Большое окно ( $25 \times 25$ ,  $31 \times 31$ ): Глобальный анализ. Использовать для изображений с сильной неравномерностью освещения (тени, засветки) или значительным шумом. Эффективно компенсирует перепады яркости, но размывает мелкие детали и границы.

*Параметр С (пороговая обработка):*

Низкий (1-5): Мягкий порог. Применять для изображений со слабым, едва заметным контрастом, где нужно «вытянуть» все детали.

Средний (5-10): Умеренный порог. Универсальная настройка для изображений нормального качества.

Высокий (10-20): Строгий порог. Использовать для зашумлённых изображений, где важно отсеять как можно больше фоновых вариаций и артефактов.

### **Применение разных для разных типов изображений**

В результате проведённых экспериментов были выработаны конкретные рекомендации по выбору алгоритмов и настройке их параметров для эффективного решения типовых задач обработки изображений. Для борьбы с *импульсным шумом («соль-перец»)* наилучшим средством является медианный фильтр (квантиль  $q=0.5$ ), который следует применять с размером окна  $3 \times 3$  для удаления одиночных шумовых пикселей или  $5 \times 5$  для подавления мелких скоплений помех. После предварительной фильтрации для качественной сегментации рекомендуется использовать адаптивную пороговую обработку со средним размером окна (7–11) и высокой константой С (12–16), что обеспечивает строгий отбор значимых объектов на очищенном изображении.

Для обработки изображений с *гауссовским (равномерным) шумом* эффективен квантильный фильтр со значением  $q=0.4\text{--}0.6$  и окном  $5 \times 5\text{--}7 \times 7$ , что даёт мягкое сглаживание без потери существенных деталей. Последующая пороговая обработка оптимально выполняется методом Ниблэка со средним размером окна и константой С=6–9, обеспечивая баланс между сохранением информации и подавлением остаточного шума.

В случае *неравномерного освещения (тени, засветки)* основным методом следует выбирать метод Савольды. Ключевым условием является использование среднего или большого размера окна (15–25), чтобы область анализа охватывала разноосвещённые зоны, что позволяет алгоритму корректно вычислить локально адаптивный порог. Константа С при этом задаётся в среднем диапазоне (7–10), а предобработка, как правило, не требуется.

Для сегментации текста на *текстуированном фоне (бумага с фактурой, ткань)* оптimalен метод Ниблэка. Размер окна должен быть небольшим или средним (7–11), чтобы не размывать контуры символов, а константа С устанавливается в диапазоне 4–7 (что соответствует отрицательному коэффициенту  $k$  в оригинальной формуле). Полезной предобработкой оказывается применение \*\*фильтра минимума ( $q \approx 0.1$ )\*\* с маленьким окном  $3 \times 3$ , что обеспечивает лёгкое утолщение штрихов текста и улучшает его последующее выделение.

Для работы со *специфическими изображениями, такими как медицинские или научные снимки*, отличающимися низким контрастом и характерным шумом, рекомендуется применять последовательную цепочку обработки: сначала *квантильный фильтр* ( $q=0.5$ , окно  $5 \times 5$ ) для щадящего подавления шума и сглаживания, а затем *адаптивную пороговую обработку* с окном 9–15 и константой  $C=8–11$ , что позволяет точно сегментировать области интереса, сохраняя важные диагностические детали.

Таким образом, эффективность обработки изображений напрямую зависит от корректного выбора метода, соответствующего типу искажений, и тонкой настройки его параметров, в частности, размера анализирующего окна и пороговой константы. Полученные рекомендации образуют практическую основу для решения широкого круга прикладных задач компьютерного зрения.