

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

Локальная пороговая обработка (метод Савольды)

Метод Савольды является развитием метода Ниблэка и использует формулу $T = m * [1 + k \cdot (\sigma/R - 1)]$, где R — константа, обычно 128. Нормализация σ/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 C).

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 α (Константа C).

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, $\text{quantile}=0.5$), эффективно удаляющий импульсный шум «соль-перец»; фильтр минимума ($\text{quantile}=0.0$), подчёркивающий тёмные области; фильтр максимума ($\text{quantile}=1.0$), 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 размывание. Для глобального подавления текстуры или создания спецэффектов.

Размер окна (пороговая обработка):

Маленькое окно (3×3, 5×5): 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 (11×11, 15×15): 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 (25×25, 31×31): 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 3×3 для удаления одиночных шумовых пикселей или 5×5 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 $q=0.4–0.6$ и окном 5×5–7×7*, 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 **текстурированном фоне (бумага с фактурой, ткань)** оптимален метод Ниблэка. Размер окна должен быть небольшим или средним (7–11), чтобы не размывать контуры символов, а константа C 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 3×3 , 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 5×5) 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.