

Е.Е. КАНУНОВА, А.Ю. НАУМОВА

**Обзор методов цифровой
обработки изображений для целей
выделения и устранения дефектов
на архивных документах**

УДК 004.932.4:004.65

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г. Муром

Неотъемлемой частью решения задачи автоматизированной реставрации изображений архивных документов является процесс локализации дефектов и в последствие их устранения.

Для выделения дефектов изображений исторических документов можно использовать следующие алгоритмы и методы:

1. Выделение объектов по профилю яркости изображения.

Наиболее важным признаком изображения является светлота. Светлота выражается через такие величины как яркость спектральная интенсивность излучения, координаты цвета и т.д., которые могут называться яркостными признаками. Изменение яркостных признаков можно проводить либо в отдельных точках изображения, либо в их окрестностях. Например, средняя яркость окрестности точки (j, k) изображения размером $(2W + 1) \times (2W + 1)$ элементов определяется как [1]:

$$\bar{Y}(j, k) = \left[1 / (2W + 1)^2 \right] \sum_{m=-W}^W \sum_{n=-W}^W Y(j + m, k + n) \quad (1)$$

Данная группа алгоритмов пригодна для выделения дефектов в отдельных локальных областях изображения.

2. Пороговая обработка разностного изображения.

Пороговая обработка изображений может проводиться разными способами:

2.1 Бинаризация с нижним порогом.

Целью операции бинаризации является радикальное уменьшение количества информации, содержащейся на изображении. В процессе бинаризации исходное полутоновое изображение, имеющее некоторое количество уровней яркости,

преобразуется в черно-белое изображение, пиксели которого имеют только два значения 0 и 1. . Так, для обработки изображений текстовых архивных документов бинаризация поможет преобразовать его в двухцветное изображение, где штрихи текста будут иметь «черную» яркость, а фон – «белую».

Бинаризация с нижним порогом является наиболее простой операцией, в которой используется только одно значение порога:

$$f'(m,n) = \begin{cases} 0, f(m,n) \leq t; \\ 1, f(m,n) > t. \end{cases} \quad (2)$$

Все значения вместо критерия становятся 1, в данном случае 255 (белый) и все значения (амплитуды) пикселей, который больше порога $t - 0$ (черный) [2].

2.2 Бинаризация с двойным ограничением.

Для выделения областей, в которых значение яркости пикселей может меняться в известном диапазоне, вводится бинаризация с двойным ограничением ($t_1 < t_2$):

$$f'(m,n) = \begin{cases} 0, f(m,n) \geq t_1; \\ 1, t_1 < f(m,n) \leq t_2; \\ 0, f(m,n) > t_2. \end{cases} \quad (3)$$

Бинаризацию с двойным ограничением можно применить при обработке изображений документов, на которых кроме фона и штрихов текста имеет место наличие пятен или других элементов, диапазон яркостей которых отличен от диапазона яркостей, перечисленных выше.

2.3 Неполная пороговая обработка.

Данное преобразование дает изображение, которое может быть проще для дальнейшего анализа, поскольку оно становится лишенным фона со всеми деталями, присутствующими на исходном изображении [2]:

$$f'(m,n) = \begin{cases} f(m,n) f(m,n) > t; \\ 0, f(m,n) \leq t. \end{cases} \quad (4)$$

3. Сегментация изображений.

Сегментация - это процесс разделения изображения на несколько сегментов, т.е. множество пикселей. Сегментация

изображений используется для того, чтобы выделить объекты и границы, такие как линии, кривые и т.д., на изображениях.

В нашем случае сегментация позволит разделить элементы изображения архивного документа на группы похожих по свойствам объектов. К таким объектам можно отнести – пятна различного размера, штрихи текста, разрывы, перегибы.

Наиболее перспективным с точки зрения решаемой задачи является метод k-средних.

Это итеративный метод, который используется, чтобы разделить изображение на K кластеров. Здесь, для базового алгоритма необходимо:

- выбрать K центров кластеров, случайно или на основании некоторой эвристики;
- поместить каждый пиксель изображения в кластер, центр которого ближе всего к этому пикселю;
- заново вычислить центры кластеров, усредняя все пиксели в кластере;
- повторять шаги 2 и 3 до сходимости (например, когда пиксели будут оставаться в том же кластере)

В качестве расстояния обычно берется сумма квадратов или абсолютных значений разностей между пикселем и центром кластера. Разность обычно основана на цвете, яркости, текстуре и местоположении пикселя, или на взвешенной сумме этих факторов. K может быть выбрано вручную, случайно или эвристически.

Этот алгоритм гарантированно сходится, но он может не привести к оптимальному решению. Качество решения зависит от начального множества кластеров и значения K [2].

4. Анализ локальных гистограмм.

Метод подавления помех на основе модификации локальных гистограмм позволит повысить контраст отдельных участков изображений текстовых документов, на которых встречается такой вид дефекта, как неравномерность фоновой составляющей. Или же, когда на документах выцветанию были подвержены только некоторые участки.

Сущность метода локально-адаптивной модификации гистограмм состоит в нелинейном преобразовании эмпирических гистограмм, полученных внутри локальных зон изображения с

однородными пространственными свойствами, в частности, в зонах с преимущественным направлением ориентации деталей изображения, однородными размерами деталей и т. д. При этом учитывается не только распределение полутоновых уровней, но и локальная пространственная структура изображения в отдельных зонах.

Если влияние составляющей шума в изображении можно считать равномерным по полю и изотропным, то форма локальных областей, внутри которых осуществляется модификация полутоновых гистограмм, определяется внутренней пространственной структурой изображения [3].

5. Обнаружение разрывов яркости при помощи скользящей маски.

Эта процедура основана на вычислении линейной комбинации коэффициентов маски со значением яркости элементов изображения, покрываемой маской. При использовании этой маски отклик в каждой точке изображения выдается выражением:

$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_9 z_9 = \sum_{i=1}^9 w_i z_i, \quad (5)$$

где z_i - значение яркости пикселя, соответствующего коэффициенту w_i маски. Отклик маски приписывается позиции ее центрального элемента [4].

Для устранения выделенных дефектов можно использовать следующие методы обработки изображений:

1. Метод приближения по "ближайшему соседу" это простейший способ интерполяции значений яркости. На рисунке 1 показано (1) изображение точки с целыми координатами (x, y) , в точку нецелыми координатами; (2) нахождение ближайших к (x', y') соседей точки с целыми координатами и (3) присвоение значений яркости в этой соседней точке элементу изображения, расположенному в точке (x, y) .

Хотя интерполяция по "ближайшему соседу" просто в реализации, она имеет тот недостаток, что ее применение часто приводит к появлению нежелательных артефактов, например, таких как зубчатость контуров на изображениях высокого разрешения [3].

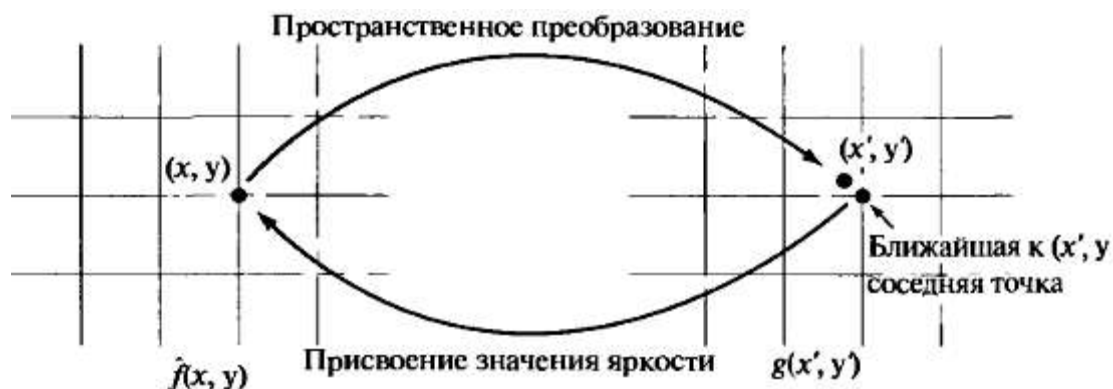


Рис. 1. Интерполяция значений яркости методом приближения по "ближайшему соседу"

2. Аппроксимация при помощи кубических В-сплайнов.

Этот метод аппроксимирует интерполируемую функцию между двумя значениями при помощи кубических функций, и использует сплайны для осуществления интерполяции.

Удобным для интерполяции изображений является кубический В-сплайн, поскольку в результате интерполяции получается функция, непрерывная и гладкая в узлах интерполяции.

Получение гладкой оценки искомого значения яркости в некоторой точке предполагает построение поверхности типа $\sin(z)/z$ так, чтобы она проходила через большое количество соседних точек (скажем, 16). Однако использование более гладких методов аппроксимации приводит к возрастающей сложности вычислений [5].

Кубический В-сплайн определяется отношением:

$$R(x) = (x)_+^3 - 4(x - \Delta x)_+^3 + 6(x - 2\Delta x)_+^3 - 4(x - 3\Delta x)_+^3 \quad (6)$$

3. Метод билинейной интерполяции, в котором используются значения яркости в 4-х ближайших соседних точках. Этот метод достаточно прост. Нам известно значение яркости в каждой из 4-х точек с целыми координатами, ближайших к точке (x', y') с целыми координатами. Поэтому искомое значение яркости в точке (x', y') , которое обозначим $v(x', y')$ может быть по известным значениям яркости в 4-х соседних точках с помощью выражения:

$$v(x', y') = ax' + by' + cx'y' + d, \quad (7)$$

где четыре коэффициента в правой части выражения могут быть определены из системы четырех уравнений с четырьмя неизвестными, для получения которой нужно поставить в данное выражение координаты известных значений яркости каждой из четырех соседних точек [5].

Таким образом, проведя обзор методов цифровой обработки изображений можно с уверенностью сказать, что для целей восстановления архивных документов имеется довольно богатый арсенал алгоритмов. Следующим этапом исследовательской работы авторов будет именно исследование рассмотренных в статье алгоритмов на их пригодность к решению поставленной перед авторами задачей.

Литература

1. Канунова Е.Е., Орлов А.А., Садыков, С.С. Методы и алгоритмы реставрации изображений архивных текстовых документов [Текст] / Е.Е. Канунова. - М.: Мир. 2006. С. 54-55.
2. Бакут П.А. Сегментация изображений. Методы пороговой обработки. / П.А. Бакут, Г.С. Колмогоров, И.Э. Вороницкий // Зарубежная радиоэлектроника. 1987. №10. С.б. 24. С. 78-79, 116-118.
3. Хуанг Т. Обработка изображений и цифровая фильтрация: пер. с англ. - М.: Мир. 1979. С. 81-99, 145-148, 187-189.
4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - М.: Техносфера. 2005. С.402, 406, 407, 789-797, 813.
5. Шикин Е.В., Плис Л.И. Кривые и поверхности на экране компьютера. / Руководство по сплайнам для пользователя. - М.: ДИФЛОГ-МИФИ. 1996. С.25, 50-53.
6. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений. - М.: Сов. радио. 1979. С. 251,252.