

05.12.04

¹Р.А. Сизякин, ¹В.В. Воронин, ¹В.И. Марчук, ¹С.Р. Ибадов, ¹Р.Р. Ибадов, И.С. ²Свирин

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет»,
voronin_sl@mail.ru,
²ЗАО «Нордавинд»

ОБНАРУЖЕНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ДЕФЕКТОВ НА ФОТОГРАФИЯХ НА ОСНОВЕ ЛОКАЛЬНЫХ БИНАРНЫХ ШАБЛОНОВ

В статье рассмотрен метод детектирования искажений на архивных фотодокументах с помощью текстурного анализа на основе локальных бинарных окрестностей. Предлагаемый подход состоит из следующих этапов: предварительная обработка, обнаружение царапин и их реконструкция. Предварительная обработка используется для уменьшения влияния шума и небольших дефектов на изображении. Для распознавания класса дефектов используется метод опорных векторов. Показана эффективность нового подхода на нескольких примерах при обнаружении дефектов.

Ключевые слова: реконструкция, локальные бинарные шаблоны, обнаружение дефектов, изображения.

В настоящее время в домашних коллекциях имеется большое количество архивных фотографий и фото документов. Большинство из этих документов существуют только в единственном экземпляре. На некоторых из них могут присутствовать дефекты в результате неправильного хранения или физического повреждения (трещины, пятна, царапины и т.д.). Путем оцифровывания данных изображений можно не только надежно сохранить, но и улучшить их визуальное качество с использованием передовых технологий обработки изображений.

Решение задачи автоматического распознавания дефектов на изображениях имеет широкое применение на практике. Автоматическое обнаружение встречается в задаче поиска дефектов на дорожном покрытии, в текстильной промышленности, а также виртуальной реставрации архивных фото изображений.

Цифровое восстановление поврежденных фотографий состоит из этапа обнаружения повреждений и их устранения. В большинстве случаев этот процесс осуществляется путем ручной обработки, который требует определенных навыков и времени [1]. Существует также полуавтоматический способ удаления дефектов [2], при этом для восстановления поврежденного изображения пользователю необходимо выделить предполагаемые дефекты для последующей реконструкции в автоматическом режиме [3].

Целью данной работы является уменьшение погрешности восстановления изображений на основе обнаружения и реконструкции дефектов на фотографиях.

Изображение рассматривается как упрощенная математическая модель, которая представляет собой двумерную дискретную последовательность $Y_{i,j}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}$, вида:

$$Y_{i,j} = (1 - d_{i,j}) \cdot S_{i,j} + d_{i,j} \cdot C_{i,j},$$

где $Y_{i,j}$ - наблюдаемое изображение, $S_{i,j}$ - оригинальное (неповрежденное) изображение, $d_{i,j}$ - бинарная маска дефектов, которая показывает, какой именно участок на изображении поврежден, $C_{i,j}$ значения яркости дефектов.

На рисунке 1 приведена блок-схема предлагаемого алгоритма обнаружения дефектов на изображении в автоматическом режиме. Алгоритм состоит из трех этапов: предварительная обработка, обнаружение дефектов с использованием локальных бинарных дескрипторов и их реконструкция.

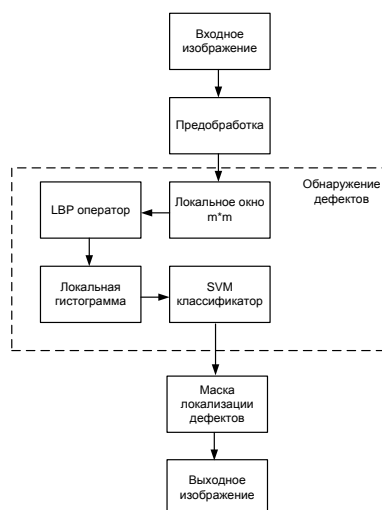


Рис. 1 - Блок-схема предложенного алгоритма

Предварительная обработка является важным шагом при обнаружении дефектов, предназначенная для подавления шумовой составляющей, а также устранения не больших дефектов. В данной работе используется алгоритм фильтрации BM3D [4].

Для обнаружения царапин используются локальные бинарные шаблоны (LBP) [5] в качестве текстурного дескриптора для локальных областей на изображении. С помощью метода опорных векторов (SVM), все фрагменты изображения классифицируются на два типа - область с дефектом и область без дефекта.

Оригинальный оператор LBP рассчитывается путем сравнения каждого пикселя вокруг центрального пикселя с центральным пикселем, принятым за пороговое значение, в локальной области размером 3 на 3 пикселя. В работе [5], предлагается модификация метода LBP, которая заключается в увеличении радиуса пикселей, которые сравниваются с центральным пикселем. Также выделены 9 однородных окрестностей, которые несут наибольшую информативность о текстурных особенностях изображения (рис.2), а также позволяют сократить количество мало информативных бинов. Каждая из 9 однородных окрестностей соответствуют своей текстурной особенности изображения, таких как ребра, углы и пятна.

Модифицированный LBP оператор может быть записан следующим образом:

$$LBP_{P,K} = \begin{cases} \sum_{p=1}^P f(g_p - g_0) & \text{if } U \leq U_T \\ P+1 & \text{otherwise} \end{cases}, f(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

где P число соседей; K радиус; U число переходов между 1 и 0; U_T пороговое значение на количество переходов.

Таким образом, формируется гистограмма для локальной области, представляющая собой дескриптор анализа локальных областей в изображении на наличие дефектов.

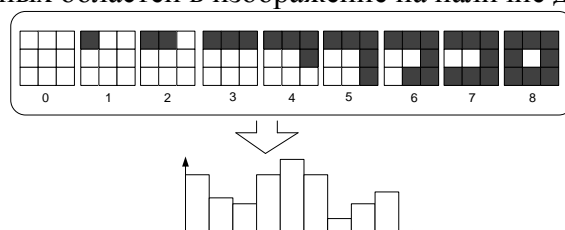


Рис. 2 – Построение гистограммы для однородного LBP

Для классификации и соотнесения каждого пикселя к классу дефектов или к классу объектов используется метод опорных векторов (SVM) в котором выделяют два этапа: этап обучения и этап распознавания. На первом этапе из множества обучающих примеров отбираются опорные векторы, на основе которых строится разделяющая плоскость. Этап распознавания заключается в том, что на вход полученного классификатора подается пример X , о классовой принадлежности которого ничего не известно. Классификатор позволяет определить к какому классу относится вектор X . Следует отметить, что метод SVM может применяться как для линейно разделимых образов, так и для линейно неразделимых. В данной работе для построения разделяющей гиперплоскости используется радиальная функция:

$$k(x, x') = \exp(-\gamma \|x - x'\|^2) \text{ при } \gamma > 0,$$

где x – текущий вектор, x' – центральный вектор, γ – нормализующий параметр.

Для обучения SVM классификатора используются 500 изображений дефектов и 500 изображений без дефектов размером 20 на 20 пикселей.

Для реконструкции поврежденных областей предлагается использовать метод восстановления пикселей изображений, разработанный в работе [6], который основан на поиске похожих блоков и восстановлении структуры изображения.

На рисунках 3-4 представлены результаты обработки предложенным методом.

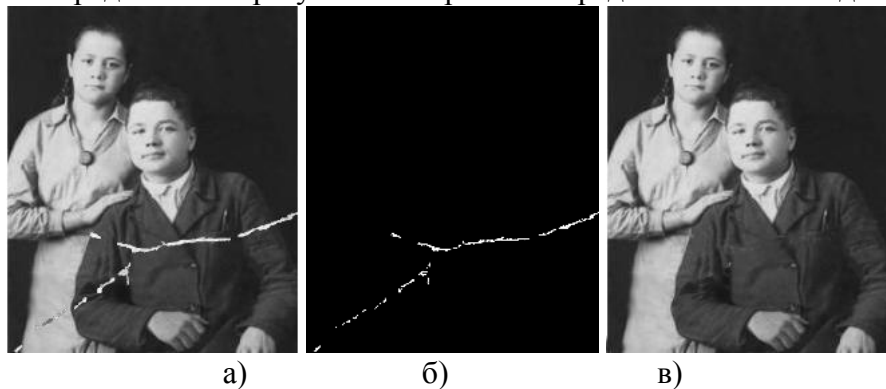


Рис. 3 – Пример обработки тестового изображения

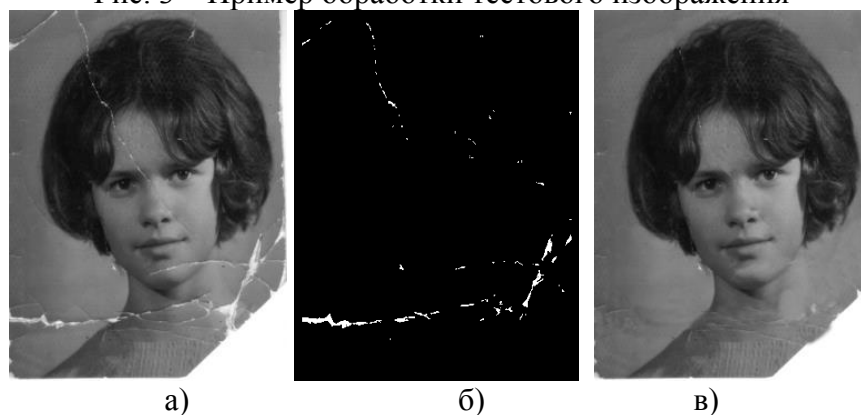


Рис. 4 – Пример обработки тестового изображения

Приведенные экспериментальные результаты показывают, что наиболее явные царапины на изображении корректно обнаружены, даже при сложных структурных и текстурных особенностях изображений. Предварительная обработка шумоподавления помогает уменьшить шумовую составляющую, а также устранить небольшие дефекты.

В заключении можно сделать следующие выводы.

В работе представлен автоматизированный алгоритм выделения дефектов на основе модифицированного оператора локальных бинарных окрестностей. Для классификации дескрипторов и разделения на классы использован метод опорных векторов. Примеры, представленные в работе, демонстрируют эффективность алгоритма при обнаружении царапин на сложно текстурных изображениях.

Список литературы

1. *Barni M., Bartolini F., Cappellini V.* Image processing for virtual restoration of artworks. *IEEE Multimedia*, vol. 7, no. 2, pp. 34-37, 2000.
2. <http://www.image-restore.co.uk/>
3. *Qingquan L.I., Xianglong LIU.* Novel Approach to Pavement Image Segmentation Based on Neighboring Difference Histogram Method. *Congress on Image and Signal Processing*, pp. 78-85, 2008.
4. *Dabov K., Foi A., Katkovnik V., Egiazarian K.* Image denoising by sparse 3-D transform-domain collaborative filtering. *Image Processing, IEEE Transactions on* 16 (8), pp. 2080-2095, 2007.
5. *Ojala T., Pietikainen M., Maenpaa T.* Multiresolution Gray-Scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 24, no. 7, 2002.
6. *Воронин В.В., Марчук В.И., Гапон Н.В., Сизякин Р.А.* Использование метода реконструкции двумерных сигналов при восстановлении архивных фотографий// *Успехи современной радиоэлектроники. Зарубежная радиоэлектроника*, № 9, С. 16-20, 2011.