

АНАЛИЗ СТЕПЕНИ СТАРЕНИЯ И ДЕФЕКТОВ ОТТИСКОВ ПЕЧАТЕЙ И ШТАМПОВ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ КОРРЕЛЯЦИИ

Белорусский государственный университет. Минск, Республика Беларусь. KozlovVL@bsu.by

Изложены принципы компьютерной реализации алгоритма проведения экспертных исследований для получения количественных данных о степени старения оттиска печати и о дефектах отдельных фрагментов печати с указанием координат расположения дефекта на основе построения карты корреляции.

Одной из важных задач криминалистической экспертизы является изучение цвето-тоновых параметров и анализ дефектов цифровых моделей изображений оттисков печатей и штампов (ОПШ). Известные методики сравнительного исследования оттисков печатей, которые проводятся на основе сопоставления и наложения [1] и корреляционного анализа [2] не позволяют получить количественные данные о степени старения оттиска печати и о координатах дефекта любого фрагмента печати. Важной задачей также является преобразование полученных цифровых данных в криминалистически значимую информацию, что возможно только путем использования специализированного ПО, алгоритмы работы которого позволяют осуществлять необходимый подсчет и интерпретацию соответствующих параметров изображения.

Применение корреляционной обработки оптических изображений является одним из направлений повышения качества цифровой обработки оттисков удостоверительных печатных форм [1, 2]. Для расширения функциональных возможностей, повышения качества и достоверности исследований цвето-тоновых параметров оттисков печатей и штампов, о степени старения оттиска печати и дефектах отдельных фрагментов была разработана соответствующая компьютерная система на основе применения метода корреляционного анализа. Предлагаемый процесс цифровой обработки ОПШ предусматривает фиксацию изображения путем сканирования (регистрация изображения); применение алгоритмов обработки, предусмотренных используемым ПО (преобразование изображения); сохранение данных с последующей экспертной интерпретацией результатов (анализ данных изображения).

Сканирование как способ регистрации изображений позволяет получать цифровые модели ОПШ, максимально соответствующие реальной действительности по своим геометрическим, топографическим и колористическим характеристикам. Формат хранения изображений может быть различным (JPEG, TIFF, PXC, PNG, BMP и др.). Одним из наиболее корректных форматов, применяемых при регистрации изображений ОПШ является несжатый растровый графический формат TIFF. Проведенные экспериментальные исследования показали, что значение корреляционной функции для новой печати в формате JPEG составляет порядка 0,998, а для формата TIFF – 0,99993. Это свидетельствует о том, что для проведения экспертных исследований целесообразно использовать документы в формате TIFF, т.к. он дает более высокую точность вычисления корреляционной функции, и, следовательно, большую эффективность проведения исследований по сравнению с JPEG форматом.

Этап преобразования изображений можно условно разделить на две стадии: предварительную, которая заключается в приведении сравниваемых изображений в соответствие определенным критериям для проведения дальнейшего исследования, и основную, предусматривающую корреляционный анализ изображений.

Предварительная обработка может быть осуществлена путем использования различного рода универсального ПО («Adobe Photoshop», «CorelDRAW», «Microsoft Paint» и т.п.). Однако анализ специальной литературы показал, что наиболее распространенным графическим редактором, применяемым при технико-криминалистических исследованиях является программный продукт «Adobe Photoshop». При этом использование возможностей данного программного средства сводится к минимальному набору функций, что обусловлено необхо-

димостью максимально сохранить все первоначальные параметры изображения без каких-либо искажений.

Основная стадия этапа преобразования изображений заключается в непосредственном сравнении цифровых моделей исследуемых оттисков, используя алгоритмы корреляционно-го типа [3]. Для реализации корреляционной методики анализа было разработано программное приложение (ПП) на языке программирования java (далее – ПП «CIPSS», от англ. Comparing Images of Prints of Seals and Stamps – сравнение изображений оттисков печатей и штампов). Вид интерфейса разработанного программного приложения представлен на рисунке 1.

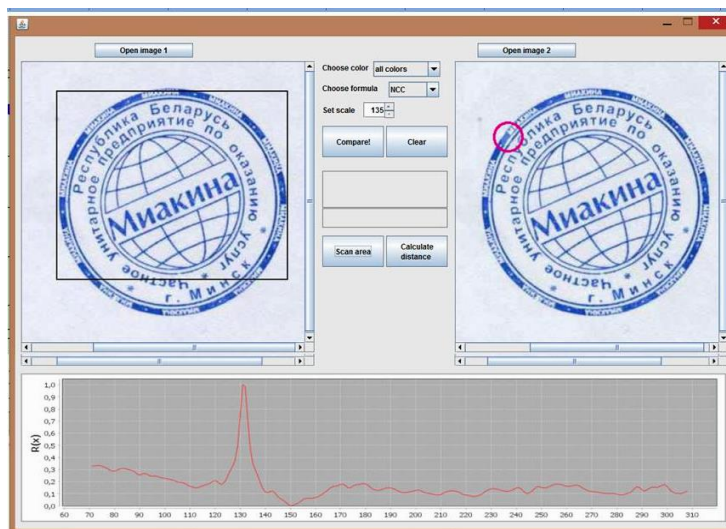


Рисунок 1 – Вид интерфейса ПП «CIPSS»

Программное приложение имеет два синхронизированных рабочих окна. Левое окно предназначено для ввода исследуемого изображения, т.е. изображения, чьи характеристики подлежат непосредственному изучению, а правое – для ввода изображения-эталона. Интерфейс приложения обеспечивает выполнение следующих пользовательских функций: изменение размера изображений в окне; выбор вида корреляционной функции; определение спектрального диапазона анализа раздельно в красном, зеленом и синем участках спектра, а также в их суммарном диапазоне в зависимости от цветности реального изображения.

Производство корреляционного анализа цвето-тоновых параметров изображений обеспечивается путем вычисления значения двухмерной нормированной корреляционной функции NCC [3] между выделенными фрагментами изображений. Для определения степени различия выделенных изображений используется нормализованная сумма квадратов разностей NSSD [3]. Нормированная кросс-корреляция применима в случае, когда одно изображение отличается от другого, не только относительным сдвигом, но и подвержено монотонному амплитудному преобразованию. График зависимости значения КФ от координат (по оси X) между рабочими окнами в пикселях представлен в нижнем окне интерфейса. В результате анализа выводится максимальное (или минимальное) значение корреляционной функции с указанием координат точки совпадения и сдвиг координат (по оси x, и по y) для рассматриваемой области на втором снимке относительно первого. Также имеется возможность выводить трехмерный график корреляционной функции.

Данное программное приложение позволяет построить карту корреляции выбранной области изображения для нахождения мелких, незаметных глазу повреждений изображенного объекта (изношенность, мелкие физические повреждения и т.д.). Пример работы приложения для анализа и обнаружения дефектов представлен на рисунке 2. Возможно формирование карты корреляции либо для всей печати, либо для любого выделенного фрагмента. На исследуемом изображении оттиска печати формируется окно сканирования, размером от 3x3 до 7x7 пикселей в зависимости от требуемого разрешения карты корреляции. Автоматически окно сканирования с такими же координатами формируется на эталонном изображении и

вычисляется значение корреляционной функции между выделенными фрагментами в соответствии с функцией NCC. Затем оба окна сканирования последовательно сдвигаются как по оси x , так и по оси y , и после каждой итерации вычисляется значение корреляционной функции. Таким образом осуществляется построение карты корреляции изображений эталонной и исследуемой печатей. Трехмерный вид карты корреляции представлен на рисунке 2, где минимальное значение КФ соответствует дефекту печати.

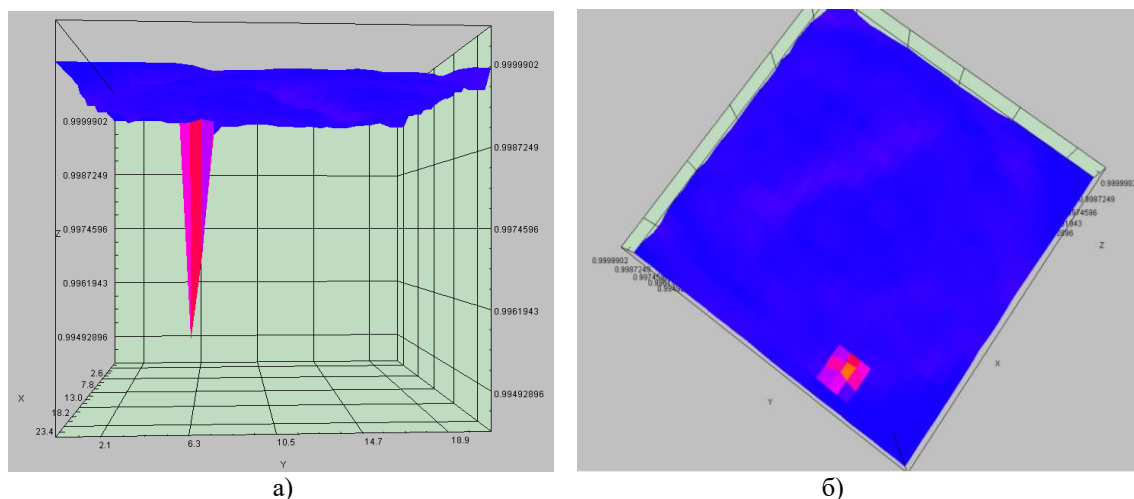


Рисунок 2 – Трехмерный вид карты корреляции для выбранной области: (а) – вид сбоку, (б) – вид сверху

Полученные результаты корреляционного анализа изображений требуют соответствующей экспертной интерпретации. При этом исследуемые параметры должны быть доступны и просты для понимания лицам, не обладающим специальными познаниями в данной области. В этой связи был разработан алгоритм, целью применения которого является определение в процентном соотношении показателя совпадения цвето-тоновых параметров сравниваемых изображений ОПШ на основе значения КФ:

$$P_c = \frac{K_{\max}}{1 - K^1}, \quad (1)$$

где P_c – показатель совпадения; $K_{\max}$ – максимальное значение КФ (постоянная величина, равная 0,99); K^1 – рабочее значение КФ, полученное в ходе анализа изображений ОПШ.

С криминалистической точки зрения, значение КФ не менее 0,99 свидетельствует о полном совпадении характеристик исследуемых изображений, значение КФ менее 0,97 может свидетельствовать о значительном или полном различии исследуемых характеристик.

Список литературы

1. Техничко-криминалистическая экспертиза документов: учеб. пособие / Н.В. Ефременко (и др.); под ред. Н.В. Ефременко; М-во внутр. дел Респ. Беларусь, учреждение образования «Акад. М-ва внутр. дел Респ. Беларусь». – Минск: Акад. МВД, 2012. – 343 с.
2. Четверкин, П.А. Методы цифровой обработки слабовидимых изображений при технико-криминалистическом исследовании документов: дисс. ... к.ю.н: 12.00.09 / П. А. Четверкин. – М., 2009. – 246 с.
3. Устройство для сравнения цифровых изображений оттисков печатей и штампов для криминалистических экспертиз: пат.10722 Респ. Беларусь, МКИ G 01 С 3/00 / В. Л. Козлов, А. С. Рубис; А.С., Р.М. Ропот. – 2015.