

1. Alemán-Flores, M. Automatic Lens Distortion Correction Using One-Parameter Division Models / M. Alemán-Flores, L. Alvarez, L. Gomez, D. Santana-Cedres // Image Processing On Line. - 2014. - Vol. 4. - P. 327-343. - DOI: 10.1007/s10851-012-0342-2.
2. Бугаенко, Е. И. Способ автоматического определения и коррекции радиальной дисторсии на цифровых изображениях / Е. И. Бугаенко, М. И. Труфанов // Изв. вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51, № 2. – С. 16–22.
3. Zhang, Z. Camera calibration with lens distortion from low-rank textures / Z. Zhang, Y. Matsushita, Y. Ma // Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), IEEE Conference. - 2011. - P. 2321-2328.
4. Способ измерения расстояний на цифровой фотокамере: патент 2485443 Российская Федерация / В. Л. Козлов. – 2013. – Бюл. № 17.

УДК 621.375.

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ОТТИСКОВ ПЕЧАТЕЙ И ШТАМПОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Козлов В. Л., Згировская Н. В.

*Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь*

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 [2]. Для расширения функциональных возможностей, повышения качества и достоверности исследований цвето-тоновых параметров оттисков печатей и штампов, а также для получения информации о степени старения оттиска печати и дефектах отдельных фрагментов была разработана соответствующая компьютерная система на основе применения методов 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 необходимостью 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 корреляционного 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). 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 функции: 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 двумерной нормированной корреляционной функции NCC [3] между выделенными фрагментами изображений:

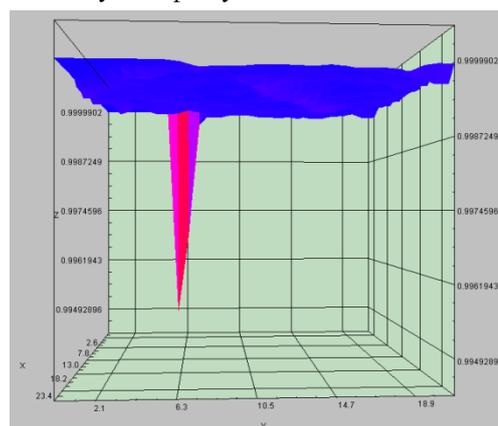
$$K(d) = \frac{\sum_{u,v} (I_1(u,v) - \bar{I}_1) \cdot (I_2(u+d,v) - \bar{I}_2)}{\sqrt{\sum_{u,v} (I_1(u,v) - \bar{I}_1)^2 \cdot \sum_{u,v} (I_2(u+d,v) - \bar{I}_2)^2}},$$

где I_1, I_2 – интенсивность первого и второго изображения; u, v – координаты на фотоприемной матрице; d – сдвиг между окнами сканирования. Для определения степени различия выделенных изображений используется нормализованная сумма квадратов разностей NSSD [3].

$$K(d) = \sum_{u,v} \left(\frac{I_1(u,v) - \bar{I}_1}{\sum_{u,v} (I_1(u,v) - \bar{I}_1)^2} - \frac{I_2(u+d,v) - \bar{I}_2}{\sum_{u,v} (I_2(u+d,v) - \bar{I}_2)^2} \right)^2.$$

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 разности координат между рабочими окнами по оси X в пикселях представляется в нижнем окне интерфейса. В результате анализа выводится максимальное (или минимальное) значение корреляционной функции с указанием координат точки совпадения и сдвига по осям x и y для рассматриваемой области на втором снимке относительно первого. Также выводится трехмерный график корреляционной функции.

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. 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 NCC между выделенными фрагментами. Затем оба окна сканирования последовательно сдвигаются на величину 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, где минимальное значение КФ соответствует дефекту печати.



Трехмерный вид карты корреляции для выбранной области

Полученные результаты корреляционного анализа изображений требуют соответствующей экспертной интерпретации. 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 P_c цвето-тоновых параметров сравниваемых изображений ОПШ на основе значения КФ:

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

где K_{\max} – максимальное значение КФ (постоянная величина, равная 0,99); K^1 – рабочее значение КФ, полученное в ходе анализа изображений. С криминалистической точки

зрения, значение КФ не менее 0,99 свидетельствует о полном совпадении колористических характеристик исследуемых изображений, значение КФ менее 0,97 и ниже может свидетельствовать о значительном или полном различии исследуемых характеристик.

1. Техничко-криминалистическая экспертиза до-кументов: учеб. пособие / Н.В. Ефременко (и др.); под ред. Н.В. Ефременко. – Минск: Акад. МВД РБ, – 2012. – 343 с.

2. Четверкин, П.А. Методы цифровой обработки слабовидимых изображений при технико-криминалистическом исследовании докумен-тов: 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.

УДК 531.383

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ ДВУХОСНОГО ГИРОСКОПИЧЕСКОГО СТАБИЛИЗАТОРА НА БАЗЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ГИРОСКОПОВ

Королёв М.Н.

Тульский государственный университет
Тула, Российская Федерация

Волоконно-оптический гироскоп (ВОГ) – это датчик вращения прямого преобразования, который выполняются по волоконно-оптической технологии.

Любой ВОГ содержит волоконно-оптический преобразователь «минимальной конфигурации» и электронный блок, в котором обрабатываются аналоговые сигналы. Основное достоинство оптических измерительных технологий – высокая точность, практически мгновенное время готовности, отсутствие возмущающих моментов приложенных к стабилизируемой платформе, высокая устойчивость к электромагнитным помехам, а также механическим и температурным возмущениям [3].

В статье рассматриваются особенности построения электрической схемы цифрового управления гиросtabilизатором с применение в качестве чувствительных элементов ВОГ. На рис.1 приведена структурная схема разрабатываемой системы, которая решает две задачи: задачу стабилизации и задачу управления положением платформы в пространстве. На рис. 1 представлена структурная схема двухосного гироскопического стабилизатора.

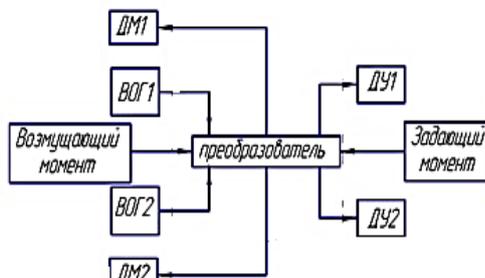


Рисунок 1 Структурная схема двухосного гироскопического стабилизатора

Принцип работы системы следующий: при возникновении возмущающего момента ВОГ фиксирует угловое движение, выдавая сигнал, который подается на систему управления.

Система управления подает сигнал на датчик момента (ДМ), который возвращает объект стабилизации в исходное положение [2].

В качестве преобразователя (рис.1) необходимо выбрать микроконтроллер, который обеспечивает обработку сигналов с ВОГ, управление ДМ, функционирование ДУ и питание системы. Помимо этого преобразователь также должен формировать необходимые законы управления [1]. Для обработки сигналов с перечисленных элементов в состав схемы введен микроконтроллер STM32-F4.

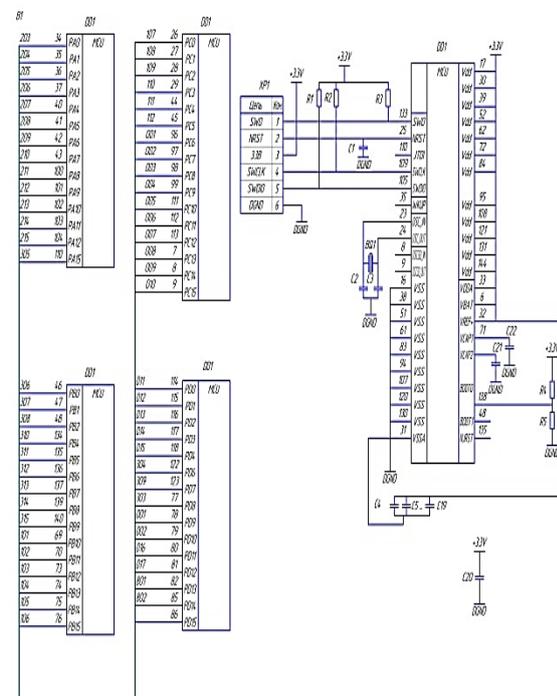


Рисунок 2 – Подключение микроконтроллера STM32-F4

Обработка сигналов с ДУ осуществляется с помощью микросхемы AD2S1210 и фильтра на базе микросхемы AD8661ARZ (рис. 3).