

ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ КОРРЕЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ЭКСПЕРТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В. Л. Козлов, Н. В. Згировская

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь:
E-mail: KozlovVL@bsu.by*

Представлены результаты разработки программного приложения на основе корреляционной обработки цифровых изображений для решения ряда задач криминалистических исследований. Предложены принципы компьютерной реализации алгоритмов проведения экспертных исследований на основе построения карты корреляции для получения количественных данных о дефектах объекта с указанием координат расположения дефекта.

Ключевые слова: *корреляционная обработка, цифровое изображение, экспертные исследования.*

При проведении криминалистических исследования применение корреляционной обработки делает возможным получение цифровых данных, которые недоступны при использовании стандартных методов исследования и могут быть полезны при решении различного рода диагностических и идентификационных экспертных задач [1].

Корреляционные методы обработки изображений обеспечивают нахождение пиксельных соответствий путем сравнения профилей яркости в окрестности потенциально соответствующих точек разных изображений объекта. Обработка изображений осуществляется с помощью различных функций, реализующих корреляционный анализ. К таким функциям можно отнести нормированную кросс-корреляционную функцию (англ. – Normalized cross correlation, NCC) [2]; сумму абсолютных значений разностей (англ. – Sum of Absolute Differences, SAD) [3]; сумму квадратов разностей (англ. – Sum of Squared Differences, SSD) [3]; нормированную сумму квадратов разностей (англ. – Normalized SSD, NSSD) [2]. Функции, реализующие корреляционную обработку, ZSAD и ZSSD [2] являются модификациями функций SAD и SSD, при этом в вычислениях учитываются средние интенсивности пиксельных значений исследуемых изображений. Такая модификация позволяет учитывать разную яркость и контрастность изображений, что в итоге повышает точность найденных соответствий. Функция ранговой оценки (англ. – Rank) [4] подобна функции SAD, однако вместо сравнения значений цветовой интенсивности производится сравнение порядковых номеров интенсивности пикселей.

Был проведен анализ возможностей и областей применения различных функций, реализующих корреляционную обработку цифровых оптических изображений для решения задач криминалистических исследований в случае, если одно из исследуемых изображений подвергается влиянию искажений, шумов или монотонному амплитудному сдвигу. Получено, что наилучшими параметрами для использования в системах криминалистических исследований с применением корреляционного анализа цифровых изображений обладают функции NCC и NSSD, которые наиболее устойчивы к воздействию шумов и искажений, при этом предпочтительной является функция NCC, время измерений которой при размере окна сканирования 15x15 пикселей сравнимо с временем анализа функций SSD и SAD, не использующих нормализацию.

Для реализации системы корреляционной обработки изображений было разработано программное приложение на языке программирования JAVA, интерфейс которого представлен на рисунке 1.

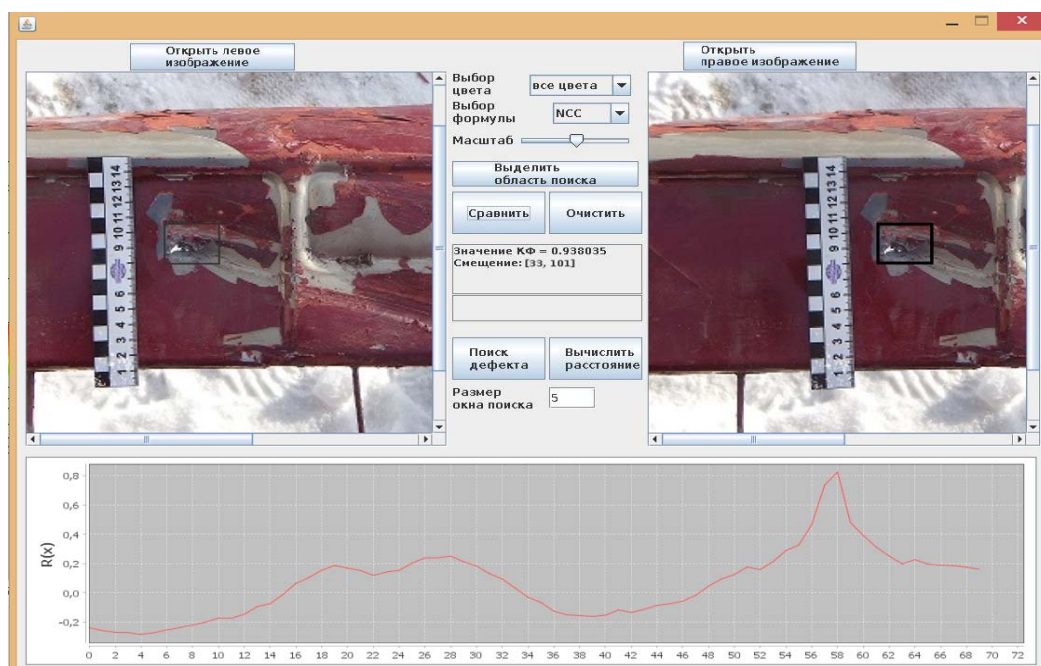


Рис. 1. Интерфейс программного приложения для корреляционной обработки изображений

Интерфейс имеет два синхронизированных рабочих окна. Левое окно предназначено для ввода исследуемого изображения, а правое – для ввода изображения-образца. Интерфейс обеспечивает выполнение следующих пользовательских функций: изменение размера изображений, выбор вида корреляционной функции (КФ), выбор области анализа на исследуемом изображении, определение спектрального диапазона анализа, измерение расстояния до объекта и построение карты корреляции. Выбор цветового канала позволяет получать наиболее точное значение

КФ отдельно в красном, зеленом, синем участках спектра, а также в их суммарном диапазоне. Программное приложение обеспечивает возможность построения трехмерного графика корреляционной функции для всех точек изображения, пример которого представлен на рисунке 2 а, б. На графике четко выделяется точка наилучшего совпадения.

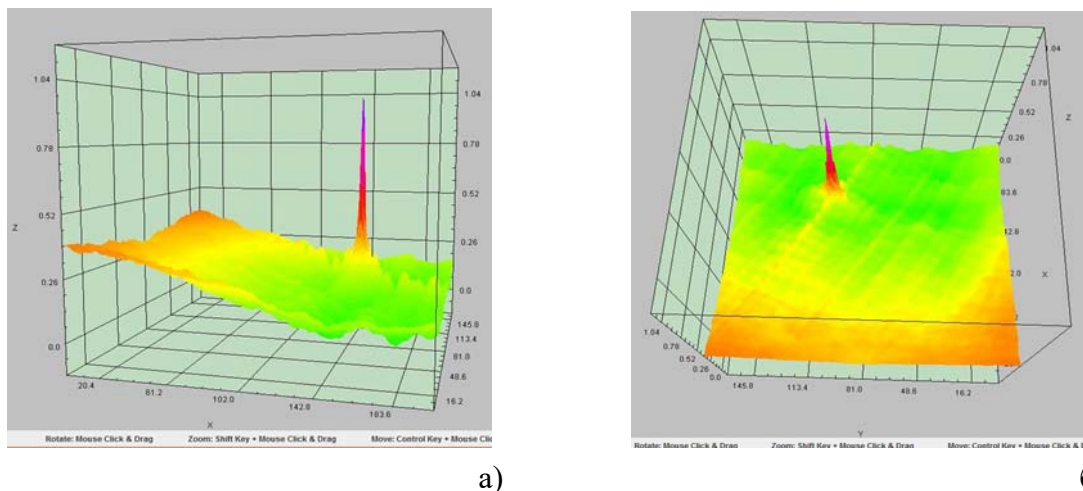


Рис. 2. Трехмерный график корреляционной функции для случая представленного на рисунке 1: а) вид сбоку, б) вид сверху.

Для корреляционного анализа изображений нужно выделить исследуемую область в левом окне. Выполнение корреляционного анализа обеспечивает активация кнопки «Сравнить». Осуществление указанной функции достигается путем вычисления значения двумерной КФ между выделенными фрагментами изображений, отражающей степень совпадения изображений. Анализ изображения осуществляется в двухмерном пространстве (как по оси x , так и по оси y).

Программное приложение позволяет построить карту корреляции выбранной области изображения для нахождения мелких, незаметных глазу повреждений объекта (изношенность, мелкие дефекты и т.д.).

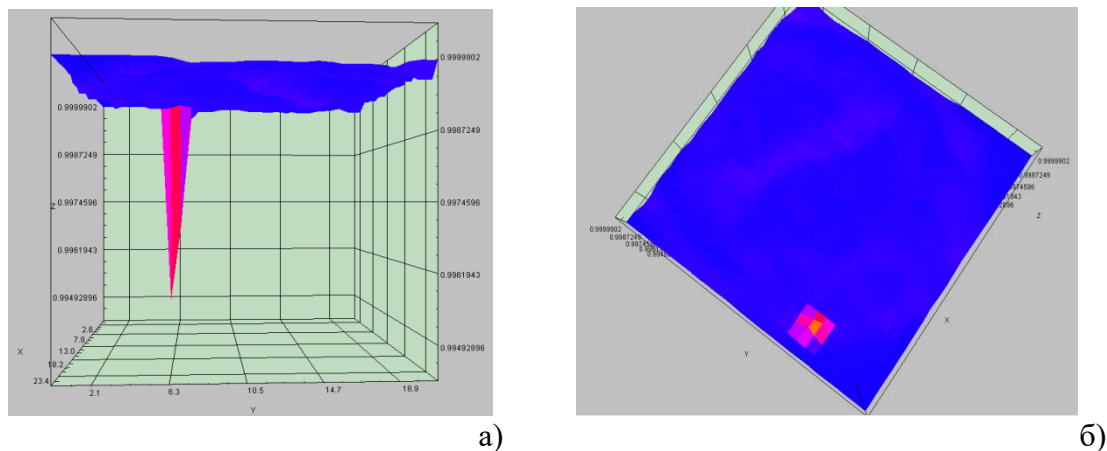


Рис. 3. Построение карты корреляции для выбранной области: а) – вид сбоку, б) – вид сверху

Пример работы приложения для анализа и обнаружения дефектов представлен на рисунке 3. Возможно формирование карты корреляции либо для всей области изображения, либо для любого выделенного фрагмента. Формирование карты корреляции осуществляется по следующему алгоритму. На исследуемом изображении объекта формируется окно сканирования, размером от 3х3 до 7х7 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. Затем оба окна сканирования последовательно сдвигаются на величину размера окна как по оси x , так и по оси y , и после каждой итерации вычисляется значение корреляционной функции. Таким образом, осуществляется построение карты корреляции изображений фрагментов эталонного и исследуемого объекта, представляющее собой зависимость значения корреляционной функции от координат точки на изображении.

На рисунке 3 представлена карта корреляции для обнаружения дефектов объекта, где разными цветами (в зависимости от значения КФ) выделены точки с наихудшими (наименьшими) значениями КФ, и самая яркая точка (оранжевого цвета) определяет точку несовпадения с эталонным изображением (соответствует дефекту). На рисунке 3а программа верно выделила область, в которой присутствовал дефект печати размером 2х2 пикселя, что практически незаметно для человеческого глаза.

Таким образом, разработано универсальное программное приложение на основе корреляционной обработки цифровых изображений объектов экспертного исследования, обеспечивающее построение карты корреляции и позволяющее решить широкий круг задач криминалистических экспертиз.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Ручкин В. Н., Фомин В. В. Современные компьютерные технологии и криминалистика : учебное пособие / Рязань : Академия ФСИН России, 2019. 101 с. ISBN 978-5-7743-0920-7.
2. Brown M.Z. Advances in computational stereo // IEEE transactions on PAMI. 2003. Vol. 25, № 8. P. 993–1008.
3. Чумаченко А. В. Оптимизация вычисления SAD для задачи восстановления рельефа по изображениям стереопар в высокопроизводительных системах стереозрения // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. Т. 140. № 3. С. 89–96.
4. Zabih R., Woodfill J. Non-parametric local transforms for computing visual correspondence // Computer Vision ECCV '94: Proc of Third European Conference on Computer Vision, Stockholm, 2-6 May 1994. Springer, 1994. P. 150–158.