

Применение карты корреляции для анализа искажений печати и идентификация принтеров

В. Л. Козлов, Н. В. Згировская

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

Приводятся методики анализа искажений печати и идентификации принтеров на основе корреляционного анализа цифрового изображения и построения трехмерной карты корреляции. Предложенные методики обладают высокой эффективностью, точностью, простотой в использовании и малым временем анализа, что обеспечивает им существенные преимущества по сравнению с методами, используемыми в настоящее время для проведения криминалистических исследований печати принтеров.

Ключевые слова: корреляционный анализ; цифровое изображение; трехмерная карта корреляции; искажения печати принтеров; идентификацию принтеров.

Application of correlation map for analysis of print distortions and identifying printers

V. L. Kozlov, N. V. Zgirovskaya

Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: KozlovVL@bsu.by

Methods for analyzing print distortions and identifying printers based on correlation analysis of digital images and constructing a three-dimensional correlation map are presented. The proposed techniques are highly efficient, accurate, easy to use, and fast in analysis time, which provides them with significant advantages over the methods currently used to conduct forensic studies of printer printing.

Keywords: correlation analysis; digital image; three-dimensional correlation map; printer distortions; printer identification.

Известные методики сравнительного исследования искажений печати принтеров [1–3] проводятся на основе сопоставления и наложения. Недостатком таких методов является низкая точность анализа искажений печати принтеров, невозможность получения количественных данных об искажениях печати и невозможность идентификации принтеров, то есть определения, на каком конкретном принтере напечатан данный документ.

Для решения задачи обеспечения возможности идентификации принтеров и получения количественных данных об искажениях печати принтеров была разработана методика анализа, основанная на корреляционной обработке цифровых изображений и определении сдвига между выделенными фрагментами изображений, что обеспечивает возможность получения количественных данных об искажениях печати принтеров и возможность идентификации принтеров [4, 5]. Разработано программное приложение, реализующее описанную методику и позволяющее анализировать искажения печати и осуществлять идентификацию принтеров, то есть определять напечатаны ли два разных документа на одном и том же принтере.

На рис. 1 приводится интерфейс разработанного приложения и пример работы приложения для измерения искажений печати принтеров. В левое окно загружается эталонное изображение документа, в правое загружается исследуемое. На эталонном изображении выделяется окно сканирования, содержащее анализируемую область документа. Приложение осуществляет поиск выделенного фрагмента на исследуемом изображении, определяет значения корреляционной функции, характеризующее степень совпадения и координаты фрагмента, характеризующие растяжение или сжатие второго изображения. Также программное приложение обеспечивает возможность построения трехмерного графика корреляционной функции для всех точек изображения и трехмерной карты корреляции, примеры которых представлены на рис. 2.

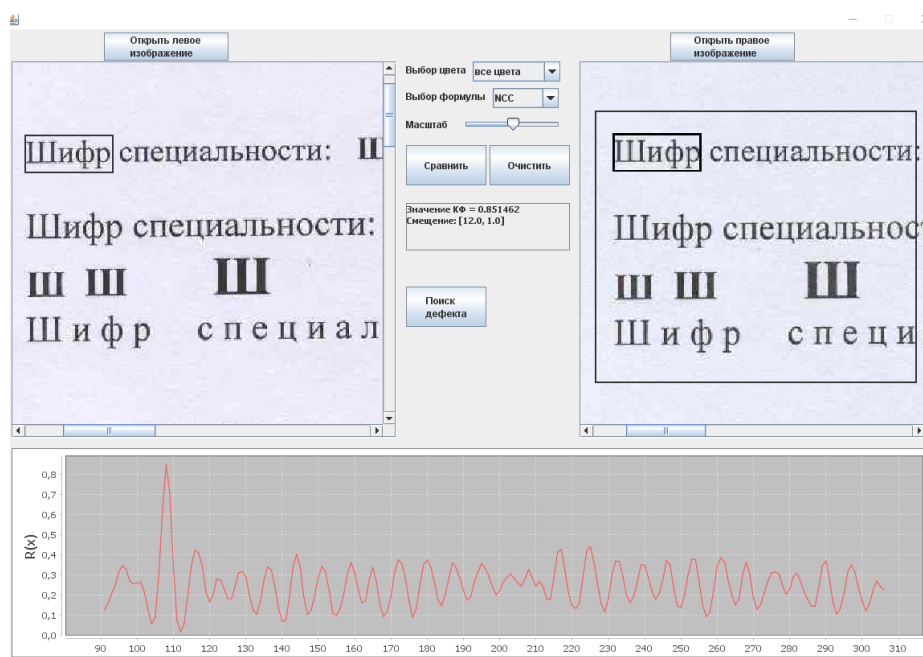


Рис. 1. Пример работы приложения для измерения искажений печати различных принтеров

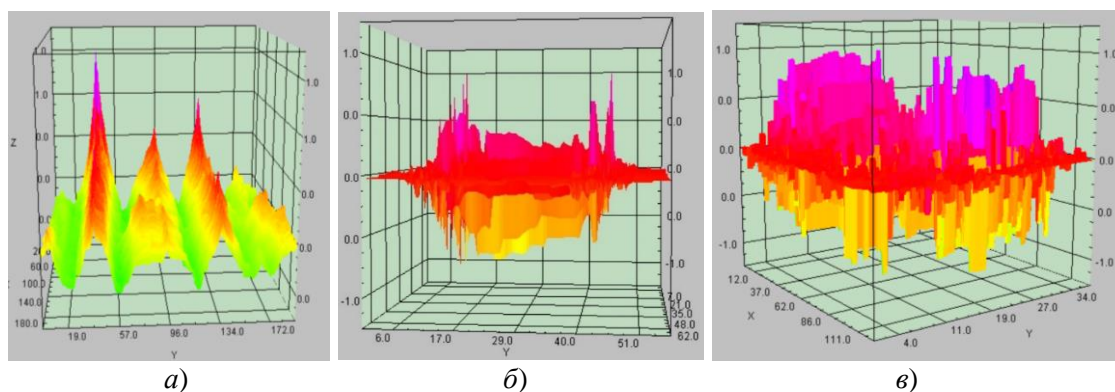


Рис. 2. Пример работы приложения: трехмерный график корреляционной функции а); график карты корреляции для одинаковых букв, распечатанных на одном принтере б) и принтерах разных фирм в)

В исследованиях рассматривались следующие принтеры: HP Laser Jet, Xerox Phaser, Samsung ML. Анализировались следующие параметры: значение корреляционной функции одинаковых букв, напечатанных на разных принтерах (или на одном и том же принтере), сдвиг между изображениями одинаковых букв по вертикали (Δy) и по горизонтали (Δx) для печати вверху, в середине и внизу страницы, вид и значения трехмерной карты корреляции

Анализ полученных результатов показал, что

– растяжение и сжатие печати различных документов на одном и том же принтере HP Laser Jet, Xerox Phaser, Samsung ML для различных областей печати на странице составляют ± 1 пикселя, что соответствует значениям погрешности анализа;

– принтер Xerox Phaser растягивает текст по вертикали по отношению к документу, напечатанному на принтере HP Laser Jet на 22 пикселей на страницу печати, что составляет 1,54 мм, а по горизонтали текст был сжат на 3–4 пикселя на ширину страницы печати (приблизительно 0,21–0,28 мм);

– принтер Samsung ML растягивает текст по вертикали по отношению к документу, напечатанному на принтере HP Laser Jet 1020 на 17 пикселей на страницу печати, что составляет примерно 1,2 мм, а по горизонтали – на 5 пикселей по ширине страницы печати, что соответствует приблизительно 0,35 мм.

Величина растяжения печати является первым параметром, используемым для идентификации принтеров.

Вторым параметром, используемым для идентификации принтеров, является измерение значения корреляционных функций для одинаковых букв, распечатанных на принтерах разных фирм. Значения корреляционной функции одинаковых букв, напечатанных на разных принтерах и сдвиг между изображениями этих букв приводятся в информационной строке на интерфейсе. На рис. 2, а приводится трехмерный график корреляционной функции для одинаковых букв, распечатанных на разных принтерах. Получено, что у текстов, напечатанных на принтере HP Laser Jet, одинаковые буквы имеют значение корреляционной функции равное 0.96–0.98. Изображения одинаковых букв, напечатанных на принтерах HP Laser Jet и Xerox Phaser, имеют значение корреляционной функции 0.74–0.85, а для принтеров HP Laser Jet и Samsung ML, одинаковые буквы на обоих изображениях имеют значения корреляционной функции 0.79–0.87.

Третьим параметром, используемым для идентификации принтеров, является анализ вида и значений трехмерной карты корреляции. Если значение корреляционной функции для одинаковых букв является усредненным для всех пикселей изображения, то карта корреляции показывает различие сигнала для каждого конкретного пикселя изображения в зависимости от координат. На рис. 2, б, в приводятся трехмерные графики карты корреляции для одинаковых букв, распечатанных на одном принтере HP Laser Jet (б), и принтерах разных фирм HP Laser Jet и Xerox Phaser (в). Из графиков следует, что различных принтеров амплитуда карты корреляции имеет значительно большее значение, при этом указывается в какой точке изображения имеется максимальное различие.

Из полученных результатов следует, что разработанная методика позволяет сделать вывод о том, напечатаны ли два документа на одном или на разных принтерах, что может быть использовано при криминалистической экспертизе документов.

Разработанное приложение также позволяет анализировать качество печати цветных принтеров. Методика анализа заключается в следующем. В левое окно загружается эталонное изображение документа, в правое загружается исследуемое, распечатанное на конкретном принтере. На правом изображении выделяется контролируемая область для анализа искажений. Искажения определяются по положению максимума корреляционной функции по оси X и оси Y . Анализировались искажения цветной печати на струйном цветном принтере HP Design Jet 5500 по сравнению с оригинальной печатью. Печать на цветном принтере имеет сжатие по оси X на 6 пикселей, что соответствует 0,16 мм, и растяжение по оси Y – 5 пикселей, что соответствует 0,13 мм.

Предложенные методики анализа искажений печати и идентификации принтеров на основе корреляционного анализа цифрового изображения и построения трехмерной карты корреляции обладают высокой эффективностью, точностью, простотой в использовании и малым временем анализа, что обеспечивает им существенные преимущества по сравнению с методами, используемыми в настоящее время для проведения криминалистических исследований печати принтеров.

Разработанные методики также можно использовать при технологических производствах принтеров для контроля качества и точности печати, скорости лентопротяжных механизмов и других параметров, определяющих качество печати.

Библиографические ссылки

1. Четверкин П. А. Методы цифровой обработки слабовидимых изображений при технико-криминалистическом исследовании документов: дисс. к.ю.н: 12.00.09. – Москва, 2009. 246 с.
2. Техничко-криминалистическая экспертиза документов: учебное пособие / Н. В. Ефременко [и др.]; под общ. ред. Н.В. Ефременко. – Минск: Акад. МВД, 2012. 343 с.
3. Бочарова О. С., Липень Д. В. Основные положения методики экспертно-криминалистического исследования полиграфической продукции в случае нарушения авторских и смежных прав // Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы. Минск: 2005. Т. 18, № 1. С. 214–216.
4. Козлов В. Л., Згировская Н. В. Анализ искажений печати и идентификация принтеров на основе корреляционного анализа цифрового изображения // Квантовая электроника: материалы XI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 13–17 ноября 2017 г. Минск: БГУ, 2017. С. 272.
5. Патент РБ № 12107 Устройство анализа искажений печати принтеров / В. Л. Козлов, Н. В. Згировская. 2019.