

**П. В. Зотов** (Волгоград, ВолГУ). **Применение математических методов при идентификации электрофотографических печатающих устройств.**

Характерной чертой судебно-экспертных исследований является значительное увеличение доли документов, выполненных в условиях применения автоматизированных технологий с использованием периферийных печатающих устройств, среди которых лидирующую позицию занимают электрофотографические устройства. В отношении документов, созданных с помощью таких устройств, ставится ряд традиционных, для предварительного следствия, вопросов, касающихся установления способа изготовления документа, времени изготовления, примененного оборудования и его идентификации [1].

Носитель изображения всегда обладает признаками, отображающие особенности формы, рельефа, конфигурации отдельных частей и механизмов печатающего устройства, обусловленные как конструктивными особенностями оборудования, так и условиями его эксплуатации. Такие признаки выражаются в устойчивости форм и размеров следов (полос, пятен, ореолов) и их взаимного расположения [2]. В процессе экспериментов с электрофотографическими устройствами было установлено, что при черно-белой печати всегда есть неравномерность распределения красящего материала (тонера), причем данная неравномерность часто не видна невооруженным глазом. Фиксация и анализ данной неравномерности может способствовать идентификации печатающего устройства, а также установлению времени изготовления документа.

В этой связи была поставлена цель разработать математический алгоритм обработки оцифрованных документов, напечатанных на электрофотографическом устройстве, с помощью которого можно было бы однозначно выявить и зафиксировать неравномерность распределения красящего материала на конкретном документе. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: 1) определение компонентного сигнала (матрица яркости) как линейная комбинация матриц цветовых сигналов; 2) определение среднеарифметических значений элементов строк и столбцов матрицы яркости; 3) построение математической модели увеличения яркостного диапазона цифрового изображения.

Разложив изображение на цветовые матрицы, мы получим матрицу яркости по формуле, рекомендованной Федеральной комиссией по связи (FCC) [3]:

$$Y[i; j] = 0,299 \cdot R[i; j] + 0,114 \cdot G[i; j] + 0,587 \cdot B[i; j], \quad (1)$$

где  $Y$  — яркость конкретного элемента матрицы яркости;  $i$  — координата элемента матрицы по вертикали;  $j$  — координата элемента матрицы по горизонтали;  $R$  — элемент красной цветовой матрицы;  $G$  — элемент зеленой цветовой матрицы;  $B$  — элемент синей цветовой матрицы.

В качестве анализируемого признака была выбрана вертикальная неравномерность распределения красящего материала. Для ее выявления необходимо найти среднее арифметическое значение ( $i$ ) каждого столбца матрицы. Для анализа напечатанных элементов исключим яркостные характеристики самого листа бумаги. Для этого

укажем диапазон яркости напечатанных объектов документа:

$$CpB(i) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m q(i, j), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad q(i, j) \in [a; b], \quad (2)$$

где  $i$  — номер столбца;  $j$  — номер строки;  $q$  — элемент матрицы;  $(i, j)$  — координаты элемента матрицы;  $m$  — число строк;  $n$  — число столбцов;  $[a; b]$  — диапазон яркости напечатанных объектов документа.

Для однозначного перехода из множества яркостей  $[a; b]$  к множеству яркостей  $[c; d]$ , имеющие разные масштабы, необходимо установить взаимно однозначное соответствие между элементами этих множеств. Наиболее приемлемым соответствием для нашего случая является линейная функциональная зависимость.

Нормируем оба множества относительно множества  $[0; 100]$ . Тогда элемент  $x$  из множества  $[0; 100]$  определится как  $x = \left(\frac{el_1 - a}{b - a}\right) \cdot 100$  для множества  $[a; b]$  и  $x = \left(\frac{el_2 - c}{d - c}\right) \cdot 100$  для множества  $[c; d]$ , где  $el_1$  — элемент множества  $[a; b]$ ;  $el_2$  — элемент множества  $[c; d]$ . В этом случае, между элементами рассматриваемых множеств можно установить взаимно однозначное соответствие:

$$el_2 = c + \left(\frac{d - c}{b - a}\right) \cdot (el_1 - a). \quad (3)$$

Формула (3) дает возможность устанавливать соответствие между яркостями различных множеств.

Последовательное исполнение формул (1), (2), (3) определяет искомый алгоритм выявления и визуализации неравномерности распределения красящего материала на конкретном документе. На базе данного алгоритма была разработана и реализована компьютерная программа технической экспертизы документов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шашкин С. Б.* Концептуальные и методологические основы криминалистического исследования документов, выполненных с использованием средств полиграфической техники и оргтехники. [Электронный ресурс]./ Режим доступа: <http://www.k-press.ru/bh/2003/1/rshashkin/rshashkin.asp>. Дата обращения: 22.01.2012.
2. *Ефименко А. В.* Техничко-криминалистическое исследование документов, с использованием электрофотографических печатающих устройств. Дисс. канд. юр. наук. А. В. Ефименко, Московский университет МВД России. М., 2011, 221 с.
3. *Быков Р. Е.* Основы телевидения и видеотехники. М.: Горячая линия-Телеком, 2006, 399 с.