

УДК 004.93

© 2011 г. **Чье Ен Ун**, д-р техн. наук,  
**И.С. Сай**

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

## **АЛГОРИТМЫ ПОИСКА, РАСПОЗНАВАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОТТИСКА ПЕЧАТИ В ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЕ ПРОВЕРКИ ПОДЛИННОСТИ ДОКУМЕНТОВ<sup>1</sup>**

В статье описываются разработанные методы и алгоритмы поиска, распознавания и идентификации оттиска печати в изображении документа. Приводятся результаты компьютерного моделирования на примере анализа изображения оттиска печати с целью проверки подлинности документов.

**Ключевые слова:** распознавание изображений, алгоритмы поиска, идентификация изображения оттиска печати.

### **Введение**

Без печати невозможна деятельность ни одного юридического лица. На документах, требующих особого удостоверения, подтверждения их юридической силы, обязательно ставится оттиск печати организации, заверяющей подлинность подписи должностного лица. В настоящее время подделка документа, как правило, сопровождается подделкой оттиска печати.

При производстве судебно-технических экспертиз документов эксперты сталкиваются со следующими способами подделки оттисков печатей и штампов: нанесение изображения оттиска с помощью струйного принтера или копировально-множительной техники; нанесение оттиска с помощью самонаборного комплекта печати или штампа; нанесение оттиска самодельным рельефным клише.

Такие способы подделки печатей и штампов, как рисование изображения оттиска непосредственно на документе или нанесение оттиска с помощью плоского клише встречаются крайне редко. Но в основном экспертам приходится сталкиваться с оттисками поддельных печатей и штампов не содержащих признаков самодельного клише. Поэтому установить, нанесен оттиск поддельной печатью или подлинной печатью, без сравнения с оттисками-образцами оригинальной печати, невозможно. Высокое качество оттисков поддельных печатей обусловлено как использованием компьютерной техники, так и доступностью фотополимерной технологии изготовления клише. Проверка подлинности оттисков печатей

---

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 гг. (Государственный контракт № П476).

заключается в сравнении оттиска печати на документе (например, платежном поручении) с печатью-оригиналом (находится в карточке образцов печатей). Сравнение основывается на принятии решения о том, принадлежит ли печать клиенту, который предоставляет платежное поручение, и является ли данная печать подлинной.

Проверка подлинности документов человеком- экспертом по оттиску печати является достаточно сложным и трудоемким процессом. Следовательно, исследования в области разработки интерактивных экспертных систем представляются актуальной проблемой.

Описание известных алгоритмов поиска и распознавания объектов изображений достаточно хорошо представлено в литературе, – например, в [1, 2]. Обзор литературных источников показывает, что в большинстве случаев в задачах распознавания учитываются такие признаки объекта как его геометрическая форма и распределение яркостей по площади всего объекта. В качестве критерия распознавания обычно используется среднеквадратичное отклонение (СКО). Дополнительно к основным признакам используются спектральные характеристики, числовые моменты, цветовые признаки, сегментация и др.

В настоящей работе приведено описание оригинальных методов и алгоритмов обработки изображения оттиска печати в интерактивной системе проверки подлинности документов.

### Алгоритмы поиска

Процесс поиска оттиска печати в изображении документа предложено разделить на следующие этапы:

поиск точек «интереса», относящихся к изображению оттиска печати, по цветовым признакам;

поиск центра печати и вычисление ее радиуса на основе преобразования Хафа.

Выполнение первого пункта основано на том, что обычно оттиск печати по сравнению с текстом имеет окрашенный цвет. Поиск точек интереса предложено выполнять по цветовым признакам объекта в координатной системе  $L^* a^* b^*$ . К особенностям системы  $L^* a^* b^*$  относится то, что координаты цветности  $a^*$  и  $b^*$  не зависят от значения светлоты [3]. Данное обстоятельство послужило выбором системы  $L^* a^* b^*$  для решения задачи поиска точек интереса. Переход от  $RGB$  сигналов изображения к координатам системы  $L^* a^* b^*$  осуществляется с помощью известных преобразований [3].

В задачах распознавания обычно используется изображение эталона и его признаки, по которым выполняется поиск объекта. Рассмотрим алгоритм формирования цветовых признаков эталонного изображения оттиска печати. На первом этапе вычисляются гистограммы распределения цветностей эталона:

$$A_i^* = N_i(a_i^*), \quad B_i^* = N_i(b_i^*), \quad (1)$$

где число  $N_i$  определяет количество пикселей эталонного изображения, соответствующих значениям цветностей  $a_i^*$  или  $b_i^*$ .

Для исключения неокрашенных точек, к которым относятся точки белого фона и точки текста, в алгоритме построения гистограмм предложено учитывать вектор цветности для каждого  $(x, y)$  пикселя изображения:

$$\Delta C_{x,y} = \sqrt{(a_{x,y}^*)^2 + (a_{x,y}^*)^2} \quad (2)$$

и вычислять гистограммы (1) при выполнении условия  $\Delta C_{x,y} > h$ . При невыполнении данного условия полагаем значения  $A_i^*$  и  $B_i^*$  равными нулю. Значение порога  $h$  обычно выбирается экспериментально и зависит от цветовых характеристик объекта. В случае одноцветного изображения объекта гистограммы  $A_i^*$  и  $B_i^*$  представляются в виде одиночных линий и однозначно определяют его цвет. Для реальных изображений цветность объекта изменяется в диапазонах  $(a_{\min}^*, a_{\max}^*)$  и  $(b_{\min}^*, b_{\max}^*)$ .

При поиске точек «интереса», относящихся к оттиску печати в изображении проверяемого документа, на первом этапе исключаются из анализа все пиксели изображения документа, для которых  $\Delta C_{x,y} < h$ . Далее для каждой точки вычисляем координаты цветности и проверяем следующее условие:

$$(a_{\min}^* \leq a_{x,y}^* \leq a_{\max}^*) = \text{true}; \text{ and } (b_{\min}^* \leq b_{x,y}^* \leq b_{\max}^*) = \text{true}. \quad (3)$$

Если условие (3) выполняется, принимается решение о том, что координаты цветности точки изображения в документе соответствуют координатам цветности эталонной печати. Если условие (3) не выполняется, точка исключается из анализа и заменяется фоновой точкой.

Результаты экспериментальных исследований показали, что разработанный алгоритм позволяет не только эффективно выделять печать в изображении документа, но и выполняет предварительную фильтрацию объекта от посторонних точек. В частности, из изображения документа удаляются точки, которые относятся к подписи и к тексту документа. Данный факт позволяет повысить эффективность следующего этапа – поиска центра печати и вычисления ее радиуса.

Рассмотрим алгоритм поиска центра печати и вычисления ее радиуса на основе преобразования Хафа [4]. Преобразование Хафа позволяет находить на монохромном изображении плоские кривые, заданные параметрически, например: прямые, окружности, эллипсы. Монохромным изображением считается изображение, состоящее из точек двух типов – фоновых точек и точек интереса.

Отметим, что монохромное изображение документа получено на основании условия (3), т.е. после выполнения алгоритма поиска точек интереса по цветовым признакам.

Идея преобразования Хафа состоит в поиске кривых, которые проходят через достаточное количество точек интереса. Рассмотрим семейство кривых на плоскости, заданное параметрическим уравнением:

$$F(a_1, a_2 \dots a_n, x, y) = 0, \quad (4)$$

где  $F$  – некоторая функция;  $a_1, a_2 \dots a_n$  – параметры семейства кривых;  $x, y$  – координаты на плоскости. Параметры семейства кривых образуют фазовое пространство, каждая точка которого (конкретные значения параметров  $a_1, a_2, \dots a_n$ )

соответствует некоторой кривой.

Для круглой печати геометрическое место точек окружности круга описывается формулой

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = R^2, \quad (5)$$

где  $(a, b)$  – координаты центра окружности;  $R$  – ее радиус, тогда (4), задающая семейство окружностей, будет иметь следующий вид:

$$F(a, b, R, x, y) = (x - a)^2 + (y - b)^2 - R^2 = 0. \quad (6)$$

Если ставится задача найти окружность заранее известного радиуса, фазовым пространством будет плоскость параметров центра окружности  $(a, b)$ . Если радиус окружности заранее неизвестен, то пространство параметров будет трехмерным –  $(a, b, R)$ , что увеличивает вычислительную сложность решения задачи.

Ввиду дискретности представления входных данных изображения требуется перевести непрерывное фазовое пространство в дискретное. Для этого в фазовом пространстве вводится сетка, разбивающая его на ячейки, каждая из которых соответствует набору кривых с близкими значениями параметров. Каждой ячейке фазового пространства можно поставить в соответствие число (счетчик), указывающее количество точек интереса на изображении, принадлежащих хотя бы одной из кривых, соответствующих данной ячейке.

Набор всех счетчиков называется аккумулятором. Любая ячейка задает множество кривых, а значение счетчика ячейки определяется количеством точек из пространства  $(x, y)$ , лежащих хотя бы на одной из этих кривых. Если все точки из  $(x, y)$  лежат на одной кривой с фиксированными параметрами, то в соответствующей ячейке значение счетчика будет максимально. Анализ счетчиков ячеек позволяет найти на изображении кривые, на которых лежит наибольшее количество точек интереса.

Так как положение координат центра окружности  $(a, b)$  в изображении документа заранее неизвестно, задаем диапазон изменения координат  $a$  и  $b$ :

$$R \leq a \leq (N_x - R); R \leq b \leq (N_y - R), \quad (7)$$

где  $N_x \times N_y$  – общее количество точек в изображении документа.

Для каждой точки интереса с координатами  $(x, y)$  при заданных параметрах  $(a, b)$  решаем уравнение (6) и при наличии решения считаем, что точка принадлежит окружности с радиусом  $R$ . Значение радиуса  $R$  полагаем заранее известным из эталонного изображения оттиска печати, т.е.  $R = R_{\text{э}}$ .

При решении задачи идентификации может возникнуть случай, когда радиус печати в изображении документа не совпадает с радиусом эталонного оттиска печати, т.е.  $R \neq R_{\text{э}}$ . В этом случае окружность с радиусом  $R_{\text{э}}$  в изображении документа не будет обнаружена, что позволяет сделать вывод о том, что печать не является подлинной. Если радиус совпадает, печать будет обнаружена и выделена из документа в виде прямоугольного фрагмента изображения с размерами  $R \times R$ .

На рис. 1 слева показан фрагмент изображения документа с оттиском печати (масштаб увеличен). Справа показано изображение печати после выполнения алгоритмов поиска по цветовым признакам и преобразования Хафа. Изображения представлены в градациях яркости.

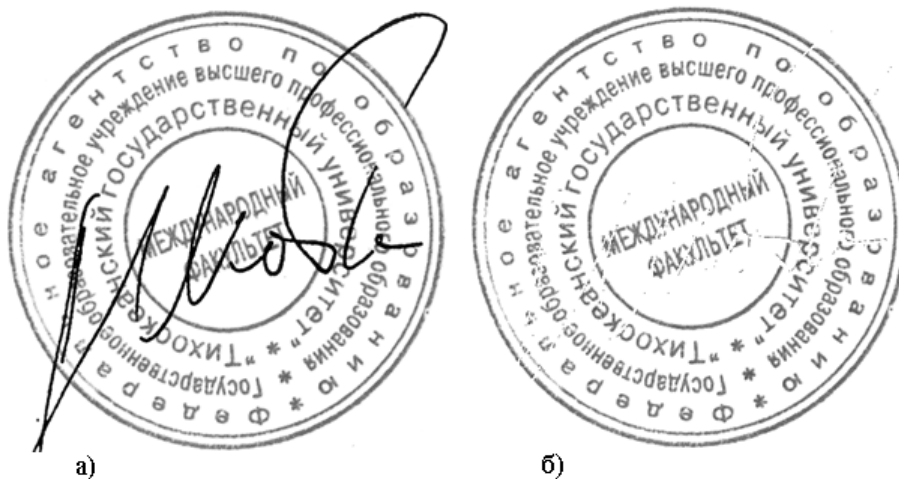


Рис. 1. Фрагменты изображения документа до (а) и после (б) поиска печати.

### Алгоритмы распознавания и идентификации

После выполнения алгоритмов поиска переходим к выполнению алгоритма распознавания и идентификации подлинности печати. Перед выполнением алгоритма распознавания необходимо реализовать алгоритм совмещения изображения оттиска печати с эталонным изображением.

Рассмотрим разработанный алгоритм совмещения изображений.

Совмещение найденной печати с изображением эталона выполним с помощью алгоритма поиска угла поворота. Угол поворота  $j$ , при котором два изображения совмещаются, можно найти с помощью известных соотношений [1]:

$$\begin{aligned} x_0 &= (x_1 - x_c) \cos j_i + (y_1 - y_c) \sin j_i + x_c; \\ y_0 &= -(x_1 - x_c) \sin j_i - (y_1 - y_c) \cos j_i + y_c, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $x_0$  и  $y_0$  – координаты точки в исходном изображении, полученные из координат  $x_1$  и  $y_1$  точки повернутого изображения на угол  $j_i$ ;  $j_i$  – значение угла поворота, заданное в интервале от 0 до 360 градусов;  $i$  – номер итерации;  $x_c$  и  $y_c$  – координаты центра поворота, соответствующие центру изображения печати.

После вычислений (8) повернутое на угол  $j_i$  изображение представляется в следующем виде:

$$\tilde{Y}[x_1, y_1] = Y[x_0, y_0], \quad (9)$$

где  $Y[x_0, y_0]$ ,  $\tilde{Y}[x_1, y_1]$  – значения яркости точек исходного и повернутого изображений.

Для каждой итерации, при заданном значении угла  $j_i$ , по формулам (8) находим координаты всех точек повернутого изображения печати и соответствующие значения яркостей (9). После этого вычисляем стандартное СКО  $S_i$  яркостей эталонного изображения от повернутого изображения оттиска печати. На последнем этапе алгоритма из массива значений СКО находим минимальное значение  $S_{\min}$  и по соответствующему номеру итерации определяем угол поворота  $j$ .

К недостатку алгоритма поиска угла  $j$  относится его вычислительная сложность. В частности, при нахождении угла с точностью в один градус необходимо выполнить 360 итераций, включая вычисление координат всех пикселей повернутого изображения и вычисление СКО для каждой итерации.

Еще один недостаток – это погрешность алгоритма поворота, обусловленная неточным представлением координат пикселей из-за их округления до целых величин. Округление может привести к присвоению яркости пикселя повернутого изображения значения яркости соседнего пикселя исходного изображения относительно координат  $x_0$  и  $y_0$ . Если яркость соседнего пикселя резко отличается, – например, от черного до белого, такая погрешность может привести к «выпадению» отдельных черных точек в повернутом изображении.

Для компенсации указанных недостатков разработан модифицированный алгоритм совмещения изображения оттиска печати с изображением эталона. С целью повышения быстродействия предложено использовать пошаговый поиск угла поворота. На первом шаге выполняем грубый поиск, например, с точностью в 10 градусов. На втором шаге находим угол поворота с точностью в 1 градус в интервале  $(j_1 - 5) < j < (j_1 + 5)$ , где  $j_1$  – угол поворота, найденный на первом шаге. Нетрудно подсчитать, что для приведенного примера количество итераций уменьшилось с 360 до 46.

Для уменьшения погрешностей алгоритма поворота предложено использовать билинейную интерполяцию на заключительной стадии совмещения изображений. С этой целью, после поиска и нахождения угла  $j$ , поворот изображения оттиска печати выполняется следующим образом. На первом этапе по формулам (8) вычисляются координаты  $x_0$  и  $y_0$  вещественного типа. На втором этапе оцениваются разности координат:

$$\Delta x = x_0 - \text{floor}(x_0); \Delta y = y_0 - \text{floor}(y_0), \quad (10)$$

где функция  $\text{floor}$  выполняет округление вещественного значения координат до целого значения вниз. На третьем этапе выполняется интерполяция значения яркости по соседним точкам в горизонтальном направлении:

$$Y_1 = (1 - \Delta x) \cdot Y_{1,1} + \Delta x \cdot Y_{1,2}; Y_2 = (1 - \Delta x) \cdot Y_{2,1} + \Delta x \cdot Y_{2,2}, \quad (11)$$

где  $Y_{1,1}$ ,  $Y_{1,2}$ ,  $Y_{2,1}$  и  $Y_{2,2}$  – значения яркостей точек в окрестности координат  $x_0$  и  $y_0$ . На четвертом этапе интерполируем значение яркости в вертикальном направлении и получаем целочисленное значение яркости точки повернутого изображения.

$$\tilde{Y}[x_1, y_1] = (\text{int})((1 - \Delta y) \cdot Y_1 + \Delta y \cdot Y_2 + 0.5). \quad (12)$$

Из приведенных формул (10) – (12) следует, что яркость  $\tilde{Y}[x_1, y_1]$  определяется значением взвешенной суммы яркостей соседних четырех точек исходного изображения относительно координат  $x_0$  и  $y_0$ . Следовательно, рассмотренный алгоритм билинейной интерполяции позволяет уменьшить погрешности алгоритма поворота по формулам (8) за счет компенсации тех случаев, при которых некоторые точки «выпадают» из изображения.

После совмещения изображения эталона и проверяемого изображения от-

тиска печати необходимо выполнить сравнение двух изображений с целью распознавания их различий.

Очевидно, что интегральные меры различий изображений – такие как СКО и другие [2], не приведут к желаемому результату – идентификации подлинности печати. Данное утверждение основано на том, что изображение оттиска печати всегда будет отличаться от оригинала по следующим причинам:

высыхание краски или неравномерное нажатие на печать может привести к отсутствию в изображении печати отдельных точек или целых фрагментов;

наличие в поле изображения печати искажающих фрагментов – таких как подпись и элементы текста документа;

погрешности, возникающие в процессе поиска изображения оттиска печати в документе и его совмещении с оригиналом.

Поэтому необходимо искать другие меры различий, основанные на поиске и распознавании локальных признаков. Для решения поставленной задачи определим признаки изображения оттиска печати, по которым можно установить, является ли печать оригинальной или поддельной. К таким локальным признакам относятся: значение радиуса печати, толщина и ориентация линий, расположение и форма сегментов, контурные признаки.

Рассмотрим методы и алгоритмы распознавания локальных признаков эталонной печати. Значение радиуса  $R_{\text{э}}$  эталонной печати можно найти с помощью преобразования Хафа, решая уравнение (6), в котором величина  $R$  изменяется в заданном диапазоне от  $R_{\text{min}}$  до  $R_{\text{max}}$ , с шагом в один пиксель. Найденное значение  $R_{\text{э}}$  является исходным параметром в алгоритме поиска оттиска печати в проверяемом документе. Следовательно, если печать с радиусом  $R_{\text{э}}$  в изображении документа не будет обнаружена, можно сделать первоначальный вывод, что печать является поддельной.

Для дальнейшей экспертизы предложено последовательно выполнить следующие процедуры обработки изображения эталонной печати: преобразование цветного изображения печати в градации яркости; двумерная фильтрация; бинаризация; выделение контуров и сегментация.

Рассмотрим эти этапы более подробно. Преобразование цветного изображения в градации яркости выполняется с помощью известного уравнения [3]:

$$Y_{i,j} = 0,299R_{i,j} + 0,589G_{i,j} + 0,114B_{i,j}, \quad (13)$$

где  $R_{i,j}$ ,  $G_{i,j}$  и  $B_{i,j}$  – цифровые значения красного, зеленого и синего цвета пикселя с пространственными координатами  $i$  и  $j$ .

Для фильтрации использован двумерный гауссовый фильтр в виде скользящего окна размером  $3 \times 3$  элемента. При реализации фильтра использована следующая матрица коэффициентов [1]:

$$\text{GaussM}[3][3] = \{ \{1,2,1\}, \{2,4,2\}, \{1,2,1\} \}. \quad (14)$$

Целью фильтрации является сглаживание разрывов в изображении печати, что необходимо для последующей обработки.

Бинаризации изображения выполнена пороговым способом с помощью простых выражений:

$$\hat{Y}_{i,j} = \begin{cases} 255, & \text{если } Y_{i,j} > 220, \\ 0, & \text{если } Y_{i,j} < 220. \end{cases} \quad (15)$$

После бинаризации изображение печати представлено в виде черных точек, расположенных на белом фоне.

Рассмотрим алгоритм выделения контуров. В результате исследования существующих методов выделения контуров и границ объектов изображения предложено использовать морфологический алгоритм выделения границ [1]. В математической морфологии используется язык теории множеств. Множествами представляются объекты на изображении. В нашем случае множество всех черных пикселей бинарного изображения печати является одним из вариантов его полного морфологического описания. Обозначим это множество буквой  $A$ . В терминах морфологической обработки изображений алгоритм выделения границ можно описать следующим образом.

Граница  $b(A)$  множества  $A$  может быть выделена путем выполнения операции эрозии  $A$  по  $B$  и далее получения разностного множества между  $A$  и результатом его эрозии, т.е.:

$$b(A) = A \setminus (A \diamond B), \quad (16)$$

где  $B$  – примитив, который представляет квадрат с размерами  $3 \times 3$  пикселя, заполненный нулями.

Отметим, что выбор примитива с размерами  $3 \times 3$  пикселя приводит к построению границ толщиной в 1 пиксель. Эрозия, обозначенная как  $A \diamond B$ , представляет собой множество всех таких точек, при сдвиге в которые множество  $B$  целиком содержится в  $A$ .

Для решения задачи выделения границ объектов изображения печати предложен оригинальный алгоритм, основанный на рассмотренном выше морфологическом методе. Рассмотрим поэтапное выполнение разработанного алгоритма.

На первом этапе выбираем примитив, заполненный белыми точками, т.е. соответствующий не объекту, а фону. Далее вычисляем элементы границ согласно выражению (16).

Процесс вычислений опишем в терминологиях языка программирования. Обработку изображения выполним с помощью скользящего окна с размерами  $3 \times 3$  пикселя. Пикселю изображения присваиваем инверсное значение, если все пиксели в окне примитива равны белому цвету. Если в окно попадает, хотя бы одна черная точка, значение пикселя остается неизменным, т.е.:

$$\check{Y}_{i,j} = \begin{cases} \hat{Y}_{i,j} - 255, & \text{если } \frac{1}{9} \sum_{m=i-1}^{i+1} \sum_{n=j-1}^{j+1} Y_{m,n} = 255, \\ \hat{Y}_{i,j}, & \text{если } \frac{1}{9} \sum_{m=i-1}^{i+1} \sum_{n=j-1}^{j+1} Y_{m,n} < 255. \end{cases} \quad (17)$$

Далее смещаем окно на один пиксель и снова проверяем условие (17). После анализа всех точек изображения инвертируем значение каждого пикселя

$$\check{Y}_{i,j} = 255 - \hat{Y}_{i,j}. \quad (18)$$



Исследование алгоритма привело к определению его нового свойства. Если при бинаризации в выражении (15) каждой черной точке присвоить значение больше нуля, – например, 20, алгоритм позволяет не только выделять границы объектов, но и выделяет сегменты внутри контура объекта. При этом точки фона будут представлены белым цветом ( $\hat{Y}_\phi = 255$ ), точки границы объектов черным цветом ( $\hat{Y}_K = 0$ ) и точки сегмента внутри объектов – серым цветом  $\hat{Y}_C = 235$ .

На рис. 2 показан пример изображения печати до обработки и после обработки согласно выражениям (14-18). Как видно на рис. 2, разработанный алгоритм позволяет эффективно выделять контурные границы объектов с одновременной их сегментацией.

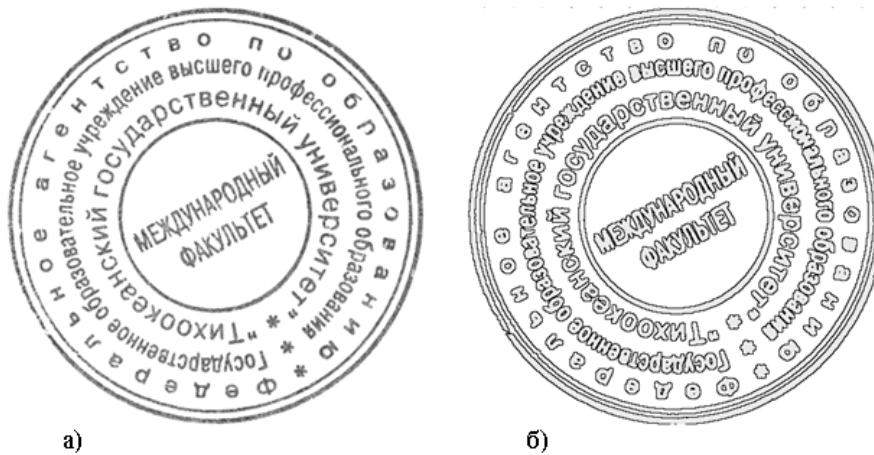


Рис. 2. Изображение печати: а) до обработки; б) после обработки.

На следующем этапе экспертизы необходимо найти отличительные различия изображения эталона и изображения проверяемого оттиска печати по локальным признакам. Для решения поставленной задачи был разработан оригинальный алгоритм, работа которого заключается в следующем.

На первом этапе, после поиска и выделения оттиска печати в изображении документа, выполняется его совмещение с эталоном. Далее изображение проверяемой печати обрабатывается аналогично обработке изображения эталона, до получения контурного изображения с выделенными сегментами.

На втором этапе выполняется распознавание и идентификация фрагментов изображения печати с локальными фрагментами изображения эталона. В качестве фрагментов предложено использовать элементы сегментов с размерами  $3 \times 3$  пикселя. В изображении эталона элемент сегмента находится по следующему условию: если все пиксели в квадрате с размером  $3 \times 3$  имеют значение серого цвета, то принимается решение о том, что данный фрагмент является элементом сегмента. Далее выполняется сравнение и идентификация с аналогичным элементом сегмента изображения проверяемой печати:

$$\Delta_{i,j} = \begin{cases} 1, \text{ если } \sum_{m=i-1}^{i+1} \sum_{n=j-1}^{j+1} (\hat{Y}_{m,n} - \hat{Y}_{m,n}^*) = 0, \\ 0, \text{ если } \sum_{m=i-1}^{i+1} \sum_{n=j-1}^{j+1} (\hat{Y}_{m,n} - \hat{Y}_{m,n}^*) \neq 0, \end{cases} \quad (19)$$

где  $Y'_{m,n}$  и  $Y^*_{m,n}$  – значения пикселей эталонного и проверяемого изображений.

Если все пиксели элементов сегментов совпадают, то принимается решение о том, что фрагменты изображений идентичны ( $\Delta_{i,j} = 1$ ). Если пиксели не совпадают – принимается решение о том, что во фрагментах изображений имеются различия ( $\Delta_{i,j} = 0$ ). В этом случае фиксируются пространственные координаты фрагмента. Аналогичным способом проверяются все элементы сегментов изображения печати, и на выходе алгоритма мы имеем количество различающихся фрагментов и их пространственные координаты.

Как показали результаты экспериментов, на работу алгоритма оказывают влияние погрешности дискретизации и совмещения (поворота) двух изображений. Это объясняется тем, что два изображения одной и той же печати всегда будут немного различаться по указанным причинам. С целью повышения точности идентификации реализован следующий способ. В алгоритм идентификации фрагмента по выражениям (19) добавляется операция сравнения с фрагментами изображения проверяемой печати, смещенными на  $\pm 1$  пиксель. Если величина  $\Delta_{i,j}$  имеет единичное значение для любого фрагмента из заданной окрестности, принимается решение о том, что фрагменты с координатами  $(i, j)$  идентичны.

Рассмотренный алгоритм идентификации позволяет только выделять фрагменты изображения проверяемой печати, в которых имеются различия по сравнению с эталоном. Как было показано выше, различия могут возникать по разным причинам. Поэтому, учитывая высокое качество оттисков поддельных печатей, в принципе невозможно каким-либо программным способом определить: относится ли выделенный фрагмент к подделке или различия обусловлены другими факторами. Например, отсутствие отдельных точек в сегменте или на его границе можно идентифицировать как подделку или как отсутствие точек из-за низкого качества изображения оттиска печати. В конечном итоге решение может принять только эксперт.

Для упрощения выполнения задачи проверки подлинности документа и снижения ее трудоемкости разработана интерактивная система с участием эксперта, в которой реализованы все рассмотренные выше алгоритмы. В итоге создан программный интерфейс пользователя, выполняющий следующие функции:

- 1) открытие из базы данных файла изображения эталонной печати;
- 2) открытие файла изображения проверяемого документа;
- 3) идентификация. При осуществлении этой функции выполняются все разработанные алгоритмы и в интерфейсном окне появляются два изображения печатей с выделенными контурными границами и сегментами. При этом фрагменты изображения проверяемой печати, в которых имеются различия по сравнению с эталоном, выделены маркерными прямоугольниками;
- 4) анализ; функция реализуется при совмещении указателя мыши с маркером и нажатием на левую клавишу. В этом случае формируются два окна с размерами  $128 \times 128$  пикселей, в которых показаны фрагменты изображения эталона и проверяемой печати в градациях яркости. Для детального анализа масштаб изображений в окнах увеличен, при этом коэффициент масштабирования задается

пользователем.

Таким образом, выполняя функцию «Анализ», эксперт может проверить все «подозрительные» фрагменты и сделать вывод, является ли печать поддельной или нет. На рис. 3 представлен пример работы программы, где в окне анализа присутствуют различия в виде разрывов линий, обусловленные наличием фрагментов подписи в изображении печати (см. рис. 1).

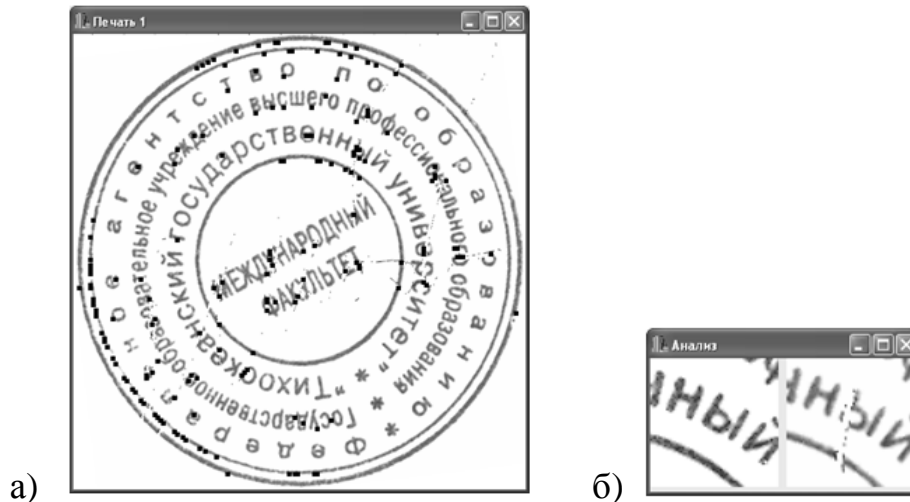


Рис. 3. Пример работы программы: а) проверяемая печать; б) окно анализа.

### Заключение

Результаты проведенных исследований могут служить основой для создания автоматической системы проверки подлинности изображения оттиска печати, что в настоящее время без участия эксперта не представляется возможным.

Разработанные методы и алгоритмы поиска, распознавания и идентификации изображения оттиска печати снижают трудоемкость и повышают эффективность проверки экспертом подлинности документов в интерактивной системе.

В качестве перспективных направлений развития интерактивных экспертных систем проверки подлинности документов по оттиску печати, можно выделить обучающиеся системы, построенные с использованием аппарата нейронных сетей. Следует также отметить, что в перспективе ожидается отказ от применения печатей в качестве подтверждения подлинности документа. Развитие современных технологий показывает, что более эффективным является использование криптографических способов и методов защиты информации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2006.
2. Pratt W.K. Digital Image Processing. – Wiley, 2001.
3. Новаковский С.В. Цвет в цветном телевидении. – М.: Радио и связь, 1988.
4. Сай И.С. Эффективность алгоритмов поиска оттиска печати в изображении документа // Вестник ТОГУ. – 2009. – №4(15). – С.53-60.

*E-mail:*

Чье Ен Ун – [chie@mail.khstu.ru](mailto:chie@mail.khstu.ru);

Сай И.С. – [sai@evm.khstu.ru](mailto:sai@evm.khstu.ru).