

УДК 621.372.542

М. В. Максимов, В. А. Фурсов*(Самара)***СОВМЕЩЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ БОЛЬШИХ
ОТНОСИТЕЛЬНЫХ СДВИГАХ И ПОВОРОТЕ***

Рассматривается технология совмещения изображений с предварительным выделением соответственных информативных фрагментов. Для уточнения соответственных точек используется коррелятор с круговой маской. Рассматриваются вопросы выбора размера круговых масок. Для определения параметров сдвига и поворота решается задача оценивания с ограничениями. Достоинство технологии состоит в том, что вычислительная сложность не зависит от величины относительных сдвигов и поворотов.

1. Задачи исследования. Во многих алгоритмах и информационных технологиях (калибровка видеокамер, стереозрение, построение рельефа местности, привязка к существующим картам и т. д.), использующих описание одного и того же сюжета, применяют процедуры согласования (совмещения) изображений [1, 2]. При совмещении изображений с целью распознавания (например, идентификация личности по отпечаткам пальцев и т. д.) параметры взаимных сдвигов и поворота совмещаемых изображений, как правило, сильно различаются. Более того, сюжет совмещаемого изображения может являться лишь частью исходного сюжета.

Известно [3], что для совмещения плоских изображений, имеющих одинаковый масштаб, достаточно найти на этих изображениях по три соответственные точки. В ситуации, когда одно изображение является частью другого, для повышения надежности целесообразно вводить избыточность, т. е. число «подозрительных» точек, претендующих на соответственные, брать больше трех. Если априорная информация о величине относительных сдвигов и поворотов отсутствует, для нахождения соответственной точки каждый отсчет необходимо сопоставлять со всеми отсчетами совмещаемого изображения. Это требует проведения большого объема вычислений. Для их сокращения на совмещаемых изображениях осуществляют [4] предварительное выделение сравнительно небольшого числа наиболее информативных фрагментов (точек-претендентов), большинство которых должны быть соответственными.

Настоящая работа основана на трех развивающих этот подход идеях [5]:
– для установления информативности и соответствия точек, наряду с самими (в данном случае центральными) отсчетами, используется совокуп-

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 99-01-00079).

ность отсчетов, близких к концентрическим окружностям заданных радиусов, которые далее для краткости будем называть круговыми масками;

– в качестве характеристики информативности точек-претендентов используется показатель диагонального преобладания [6] информационной матрицы, составленной из отсчетов на заданных круговых масках (способ формирования описывается в разд. 2);

– для определения параметров сдвига и поворота решается задача оценивания линейной по параметрам модели линейных преобразований с ограничениями, формируемой по координатам сравнительно небольшого числа, но существенно более трех, выявленных среди информативных соответственных точек.

При формировании указанной круговой маски из отсчетов обычной прямоугольной сетки неизбежно появляются зависящие от размера маски погрешности. При этом возникают следующие вопросы. Можно ли в принципе строить надежные процедуры отыскания соответственных точек с использованием круговых масок небольших размеров? Если это возможно, то как выбирать параметры маски, чтобы снизить вносимые погрешности? Возникают также трудности на этапе оценивания параметров сдвига и поворота по малому числу наблюдений, связанные с отсутствием априорной информации о статистических характеристиках ошибок оценивания координат соответственных точек.

В настоящей работе содержатся связанные с указанными вопросами и проблемами результаты исследований. Приводится пример реализации основанной на указанных идеях технологии совмещения дактилоскопических изображений.

2. Выделение информативных областей на совмещаемых изображениях. Анализ информативности фрагментов в окрестности каждой точки с координатами (n_1, n_2) осуществляется с использованием показателя диагонального преобладания [5, 6]:

$$\phi[\mathbf{R}(n_1, n_2)] = \frac{\text{tr}^2 \mathbf{R}(n_1, n_2)}{\text{tr} \mathbf{R}^2(n_1, n_2)} = \frac{M^2}{M + \sum r_{ij}^2}, \quad (1)$$

$$i, j = \overline{1, M}, \quad i \neq j, \quad M - 1 \leq \phi[\mathbf{R}(n_1, n_2)] \leq M,$$

где

$$\mathbf{R}(n_1, n_2) = \mathbf{C}(n_1, n_2) \mathbf{A}(n_1, n_2) \mathbf{C}(n_1, n_2), \quad (2)$$

$$\mathbf{A}(n_1, n_2) = \mathbf{X}^T(n_1, n_2) \mathbf{X}(n_1, n_2)$$

– так называемая информационная матрица; $\mathbf{C}(n_1, n_2) = \text{diag}(a_{11}^{-1/2}, a_{22}^{-1/2}, \dots, a_{MM}^{-1/2})$; $\mathbf{X}(n_1, n_2)$ – $N \times M$ -матрица, составленная из отсчетов поля яркости на фрагменте в виде круговой маски с центром в точке (n_1, n_2) . Применение такой маски обеспечивает инвариантность информативных точек к углу поворота изображения. Элементы матрицы \mathbf{X} формируются из отсчетов, находящихся в узлах прямоугольной сетки, ближайших к точкам пересечения концентрических окружностей и радиальных лучей. Столбцы соответствуют $M - 1$ концентрическим окружностям и центральной точке, строки – N радиальным лучам.

При указанном способе формирования матрицы \mathbf{X} соответствующая ей матрица $\mathbf{A} = \mathbf{X}^T \mathbf{X}$ (если не принимать во внимание погрешности, связанные с переходом от прямоугольной сетки к круговой маске) не зависит от углового положения фрагмента. При изменении углового положения фрагмента происходит циклическая перестановка строк матрицы \mathbf{X} , что приводит лишь к изменению порядка суммирования произведений соответствующих элементов. Вследствие умножения слева и справа на матрицу \mathbf{C} диагональное преобладание получающейся из \mathbf{A} матрицы \mathbf{R} не зависит также и от различий среднего уровня яркости совмещаемых изображений. Поэтому выделяемые на совмещаемых изображениях информативные точки с близкими значениями показателя $\phi[\mathbf{R}]$ в большинстве случаев оказываются соответственными.

В действительности при переходе от прямоугольной сетки к круговой маске неизбежно возникают погрешности. Интуитивно ясно, что величина этих погрешностей зависит от радиусов окружностей (круговых масок). Поэтому представляет интерес выявление радиусов, при которых эти ошибки минимальны.

3. Выбор параметров круговой маски. При переходе от прямоугольной системы координат к полярной целесообразно брать отсчеты в узлах прямоугольной сетки, ближайšie к пересечениям радиусов и концентрических окружностей. Для такой процедуры считывания установим радиусы концентрических окружностей, для которых ошибки несовпадения координат отсчетов на изображении минимальны.

На рис. 1 приведены подсчитанные по соотношениям

$$E(r) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [\Delta x_i^2(r) + \Delta y_i^2(r)]} \quad (3)$$

зависимости ошибок $E(r)$ несовпадения координат от величины радиуса r для двух вариантов задания радиальных лучей, при которых круговая маска разбивается на 16 и 24 одинаковых сектора. Здесь $\Delta x_i^2(r) = [\bar{x}_i(r) - x_i(r)]^2$, $\Delta y_i^2 = [\bar{y}_i(r) - y_i(r)]^2$, x_i, y_i – прямоугольные координаты точек пересечения лучей с концентрической окружностью радиусом r ; \bar{x}_i, \bar{y}_i – координаты ближайших к ним точек прямоугольной сетки в той же системе координат.

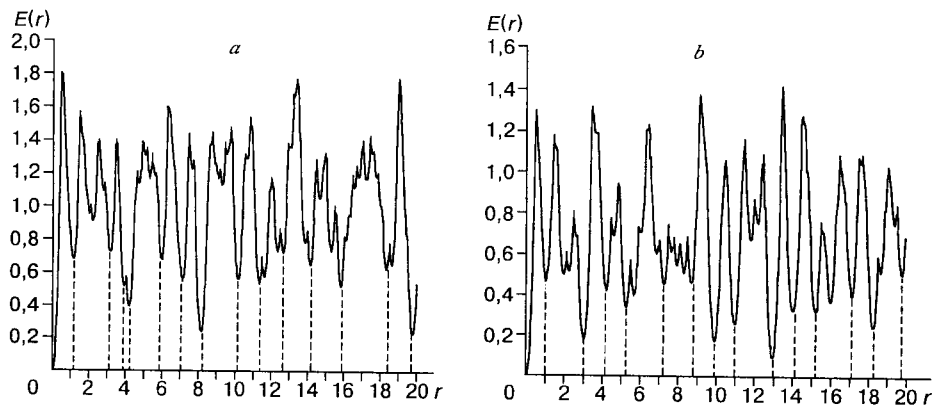


Рис. 1. Зависимость $E(r)$: a – для 24 сегментов, b – для 16 сегментов

Таблица 1

**Ошибки несоответствия
для выделенных 14 радиусов**

16 сегментов		24 сегмента	
r	$E(r)$	r	$E(r)$
1,050	0,4625	1,150	0,6778
3,030	0,1753	3,190	0,7177
4,230	0,4165	3,950	0,5152
5,290	0,3337	4,200	0,3865
7,260	0,4489	5,990	0,6776
8,710	0,4565	7,150	0,5485
9,920	0,1655	8,160	0,2317
10,97	0,2528	10,19	0,5485
12,95	0,0864	11,35	0,5263
14,00	0,3142	12,65	0,7124
15,20	0,3131	14,15	0,6344
15,97	0,3577	15,84	0,5039
17,10	0,3912	18,35	0,6082
18,23	0,2316	19,79	0,2053

В табл. 1 приведены радиусы и величины ошибок, соответствующие точкам локальных минимумов, выделенных на рис. 2 (по 14 точек на каждом) вертикальными линиями. Графики и таблица дают представление о наиболее предпочтительных радиусах, однако сам по себе переход к радиусу, которому на графике соответствует меньшее значение ошибки, не гарантирует уменьшения погрешности, так как в действительности такие переходы совершаются дискретно. Все возможные варианты круговых масок для радиусов в диапазоне [0–20] в случае разбиения на 16 сегментов приведены в табл. 2 (нумерация лучей против часовой стрелки, начиная с «горизонтального» направления в первом квадранте).

Наконец, ошибки несовпадения координат лишь опосредованно влияют на ошибки в определении соответственных точек. Непосредственной причиной ошибок совмещения являются различия функций яркости на сравниваемых фрагментах. Эти различия связаны не только с несоответствием координат точек, но и со спектральными характеристиками рассматриваемого класса изображений. В качестве меры этих различий обычно используется коэффициент корреляции.

На рис. 2 приведены результаты исследования зависимости коэффициента корреляции от радиуса при различных углах поворота (22, 45 и 67°) исходного изображения. Сплошной линией показан график изменения коэффициента корреляции, полученный их усреднением.

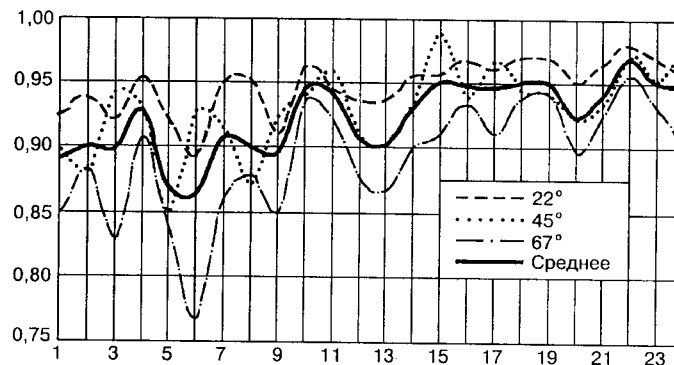


Рис. 2. Зависимости коэффициентов корреляции соответственных точек от номера круговой маски при различных углах поворота

Т а б л и ц а 2

Круговые маски для 16 сегментов

Номер маски	r	Номер координат точек на луче			
		1	2	3	4
1	1,7	(2; 0)	(2; 1)	(1; 1)	(1; 2)
2	2,2	(2; 0)	(2; 1)	(2; 2)	(1; 2)
3	2,5	(3; 0)	(2; 1)	(2; 2)	(1; 2)
4	2,8	(3; 0)	(3; 1)	(2; 2)	(1; 3)
5	3,5	(4; 0)	(3; 1)	(2; 2)	(1; 3)
6	3,6	(4; 0)	(3; 1)	(3; 3)	(1; 3)
7	4,1	(4; 0)	(4; 2)	(3; 3)	(2; 4)
8	4,5	(5; 0)	(4; 2)	(3; 3)	(2; 4)
9	4,9	(5; 0)	(5; 2)	(3; 3)	(2; 5)
10	5	(5; 0)	(5; 2)	(4; 4)	(2; 5)
11	5,6	(6; 0)	(5; 2)	(4; 4)	(2; 5)
12	6	(6; 0)	(6; 2)	(4; 4)	(2; 6)
13	6,4	(6; 0)	(6; 3)	(5; 5)	(3; 6)
14	6,7	(7; 0)	(6; 3)	(5; 5)	(3; 6)
15	7,1	(7; 0)	(7; 3)	(5; 5)	(3; 7)
16	7,6	(8; 0)	(7; 3)	(5; 5)	(3; 7)
17	7,8	(8; 0)	(7; 3)	(6; 6)	(3; 7)
18	8,2	(8; 0)	(8; 3)	(6; 6)	(3; 8)
19	8,6	(9; 0)	(8; 3)	(6; 6)	(3; 8)
20	9,2	(9; 0)	(9; 3)	(7; 7)	(4; 8)
21	9,4	(9; 0)	(9; 4)	(7; 7)	(4; 9)
22	9,6	(10; 0)	(9; 4)	(7; 7)	(4; 9)
23	10,3	(10; 0)	(10; 4)	(7; 7)	(4; 9)
24	10,4	(10; 0)	(10; 4)	(7; 7)	(4; 10)

Коэффициенты корреляции рассчитывались для заведомо соответственных точек. Цифры по оси абсцисс указывают номера масок из табл. 2. Из этих графиков видно, что использование масок с номерами 3, 5, 6, 9, 12 и 13 (особенно с номером 6) менее предпочтительно.

Заметим, что результаты получены для дактилоскопических изображений. Свойства круговых масок могут отличаться от приведенных для классов изображений, обладающих специфическими спектральными характеристиками полей яркости. Поэтому исследования по описанной схеме, вообще говоря, следует повторять при переходе к новым классам изображений.

4. Определение соответственных точек. Для определения соответственных точек можно использовать обычный корреляционный метод. Для уменьшения числа сравнений информативные точки предварительно разделяются на две–три группы. Сравнение точек внутри каждой группы осуществляется по принципу «каждая с каждой». Эта информация является достаточно надежной, так как показатель диагонального преобладания информационной матрицы – носитель локальных автокорреляционных свойств сигнала.

Для перебора всех возможных дискретных значений взаимного углового положения в данном случае формируется матрица ($\tilde{\mathbf{X}}$) для каждой точки (претендента) и совмещаемых изображений. Матрица $\tilde{\mathbf{X}}$ получается путем циклической перестановки строк, соответствующих различным положениям кругового фрагмента на сюжете совмещаемого изображения. Для проверки соответствия фрагментов вычисляется матрица

$$\mathbf{R}_c = \mathbf{C} \mathbf{A}_c \tilde{\mathbf{C}}, \quad (4)$$

$$\text{где } \mathbf{A}_c = \mathbf{X}^T \tilde{\mathbf{X}}; \quad \mathbf{C} = \text{diag} \left(\frac{1}{\|\mathbf{x}_1\|}, \frac{1}{\|\mathbf{x}_2\|}, \dots, \frac{1}{\|\mathbf{x}_M\|} \right); \quad \tilde{\mathbf{C}} = \text{diag} \left(\frac{1}{\|\tilde{\mathbf{x}}_1\|}, \frac{1}{\|\tilde{\mathbf{x}}_2\|}, \dots, \frac{1}{\|\tilde{\mathbf{x}}_M\|} \right).$$

Ясно, что при угловом положении соответственных фрагментов, приводящем к одинаковой последовательности строк матриц \mathbf{X} и $\tilde{\mathbf{X}}$, и при отсутствии ошибок в измерениях матрица \mathbf{R}_c совпадает с \mathbf{R} , определяемой соотношением (2).

След матрицы \mathbf{R}_c представляет собой сумму M коэффициентов корреляции, вычисленных для M концентрических масок: $\frac{\text{tr} \mathbf{R}_c}{M} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M k_i = k$, где

$k_i = \langle \mathbf{x}_i \cdot \tilde{\mathbf{x}}_i \rangle / \|\mathbf{x}_i\| \cdot \|\tilde{\mathbf{x}}_i\|$, $i = \overline{1, \dots, M}$. Если нормы векторов $\|\mathbf{x}_i\|$, $i = \overline{1, \dots, M}$, одинаковы, величина k совпадает с обычным коэффициентом корреляции. При наличии шумов или неточном совпадении положений фрагментов будут иметь место отличия. Тем не менее величина k , определяемая соотношением, является достаточно информативной характеристикой соответствия исходных точек (фрагментов).

Используя величину k , для каждой точки исходного изображения подбирается точка из совмещаемого изображения с учетом взаимного углового положения фрагментов, соответствующих точкам. Соответственными считаются лишь те точки, для которых оценки угловых положений фрагментов (т. е. номера переставленных строк в матрице $\tilde{\mathbf{X}}$) совпадают.

5. Оценивание параметров сдвига и поворота. Для оценивания параметров сдвига и поворота используются уравнения аффинных преобразований [6]:

$$\begin{bmatrix} x^* \\ y^* \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{T}^* \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{T} = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi & \alpha \\ \sin\varphi & \cos\varphi & \beta \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где α, β – параметры, зависящие от конкретных значений сдвига x_0, y_0 и поворота φ и типа аффинного преобразования (последовательности сдвигов и поворотов). В частности, по L координатам информативных точек $\{(x_i, y_i): i = \overline{1, L}\}$ исходного изображения и соответственных им точек $\{(x_i^*, y_i^*): i = \overline{1, L}\}$ искаженного изображения в соответствии с (5) формируется уравнение вида

$$\mathbf{q} = \mathbf{S}\mathbf{c} + \xi, \quad (6)$$

где $N \times 1$ -вектор \mathbf{q} , $N \times 4$ -матрица \mathbf{S} ($N = 2L, N > 4$) и искомый 4×1 -вектор \mathbf{c} задаются соответственно в виде

$$\mathbf{q} = \begin{bmatrix} x_1^* \\ \vdots \\ x_L^* \\ y_1^* \\ \vdots \\ y_L^* \end{bmatrix}, \quad \mathbf{S} = \begin{bmatrix} x_1 & -y_1 & 1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_L & -y_L & 1 & 0 \\ y_1 & x_1 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_L & x_L & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{c} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\varphi \\ \sin\varphi \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix}, \quad (7)$$

а $N \times 1$ -вектор ξ составлен из ошибок, связанных с неправильным определением соответственных точек.

Далее по \mathbf{S} и \mathbf{q} решается задача оценивания векторного параметра \mathbf{c} при ограничении

$$c_1^2 + c_2^2 = \cos^2\varphi + \sin^2\varphi = 1. \quad (8)$$

С использованием полученных оценок $\hat{c}_1 = \cos\hat{\varphi}$, $\hat{c}_2 = \sin\hat{\varphi}$, $\hat{c}_3 = \hat{\alpha}$, $\hat{c}_4 = \hat{\beta}$ формируется система двух уравнений, вид которой определяется типом (последовательностью) аффинных преобразований, и вычисляются искомые параметры сдвига x_0, y_0 .

Поскольку число используемых информативных точек невелико, для решения задачи оценивания применяются методы, предложенные в работе [5]. В частности, применяется итерационная процедура вычисления оценок по соотношению

$$\hat{\mathbf{c}} = [\mathbf{S}^T \mathbf{G}^2 \mathbf{S}] \mathbf{S}^T \mathbf{G}^2 (\mathbf{q} - \check{\xi}), \quad (9)$$

где \mathbf{G} – диагональная весовая матрица; $\check{\xi}$ – корректирующий вектор (на первом шаге $\mathbf{G} = \mathbf{E}$, $\check{\xi} = \mathbf{0}$).

Весовая матрица строится по методу взвешивания [7] с учетом ограниченный-равенств (8). При построении корректирующего вектора ξ используется свойство близости выделяющихся компонент векторов ошибок ξ и невязок $\hat{\xi} = q - S\hat{c}$ [5]. Корректировке подвергаются лишь несколько компонент, соответствующих наиболее выделяющимся невязкам.

Далее в малой окрестности точки с координатами, равными ближайшим целым числам к скорректированным компонентам, вновь осуществляется поиск соответственных точек (включая также точки с более низким порогом информативности). Если находятся точки, обладающие более высокой корреляцией, осуществляется замена соответствующих компонент вектора g . В противном случае соответствующие строки в уравнении (6) исключаются из рассмотрения до тех пор, пока соблюдается условие $N > 4k$, где $k > 0$ – заданное (целое) число.

6. Результаты экспериментальной проверки. Для экспериментальной проверки работоспособности предложенных процедур совмещения использовались дактилоскопические изображения (отпечатков пальцев) 256×256 пикселей. Исходное изображение приведено на рис. 3, *a*. Изображение на рис. 3, *b* получено из него поворотом на 90° относительно точки (127, 127). Для этого использовалось преобразование

$$\mathbf{x}^* = \mathbf{T}_A * \mathbf{T}_\varphi * \mathbf{T}_{-A} = T * \mathbf{x}, \quad (10)$$

где

$$\mathbf{T}_A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_0 \\ 0 & 1 & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{T}_\varphi = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi & 0 \\ \sin\varphi & \cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{T}_{-A} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -x_0 & -y_0 & 1 \end{bmatrix}; \quad T = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 254 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

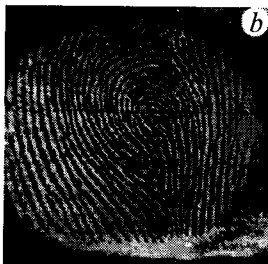
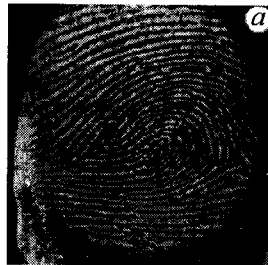


Рис. 3. Тестовые изображения: *a* – исходное, *b* – повернутое на 90°



Рис. 4. Поля информативности исходного (*a*) и повернутого на 90° (*b*) изображений

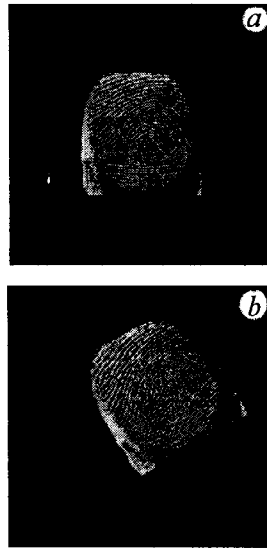


Рис. 5. Тестовые изображения: *a* – исходное, *b* – повернутое на 30°

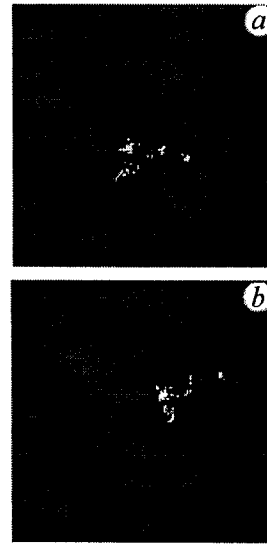


Рис. 6. Поля информативности исходного (*a*) и повернутого на 30° (*b*) изображений

(при $\varphi = 90^\circ$, $x_0 = 127$, $y_0 = 127$).

На рис. 4 приведены полученные по этим изображениям так называемые поля информативности, рассчитанные по соотношению (1) для 100 наиболее информативных точек. Для оценивания на изображениях отобрано 85 (из 100) соответственных точек. Затем по этим точкам вычислены оценки компонент вектора $\mathbf{c} = [\cos\varphi, \sin\varphi, \alpha, \beta]$: $\cos\varphi = 0$, $\sin\varphi = 1$, $\alpha = 254$, $\beta = 0$. Ясно, что с использованием этих оценок изображения совмещаются точно.

Если относительные повороты изображений отличаются от углов, кратных 90°, возможна ошибка совмещения вследствие неизбежных ошибок округления оценок координат до целых. На рис. 5, *a*, *b* приведены тестовые изображения (512 × 512 пикселей), имеющие относительный поворот на 30°. Для поворота на 30° относительно точки (160, 180) использовалась матрица преобразования

$$T = \begin{bmatrix} 0,866 & -0,5 & 111,436 \\ 0,5 & 0,866 & -55,884 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Поля информативности исходного и повернутого изображений (по 100 точек) показаны на рис. 6, *a*, *b* соответственно. Для оценивания на изображениях было отобрано 86 (из 100) соответственных точек. Оценённые по этим точкам компоненты вектора $\mathbf{c} = [\cos\varphi, \sin\varphi, \alpha, \beta]$ равны $\cos\varphi = 0,866156$, $\sin\varphi = 0,50011$, $\alpha = 111,397$, $\beta = -55,9869$.

Ошибка совмещения с изображением, полученным из повернутого обратным аффинным преобразованием с использованием указанных оценок, составила 1 пиксел. Ясно, что устранение этой ошибки на заключительном этапе процедуры с использованием обычной прямоугольной маски не потребует значительных вычислительных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белинский А. Н., Ярославский А. П.** Оптимизация автоматического совмещения авиационно-космических изображений // Изв. вузов. Сер. Геодезия и аэрофотосъемка. 1982. № 2. С. 116.
2. **Губанов А. В., Ефимов В. М., Киричук В. С. и др.** Методы оценивания взаимного смещения фрагментов цифровых изображений // Автометрия. 1988. № 3. С. 70.
3. **Путятин Е. П., Аверин С. И.** Обработка изображений в робототехнике. М.: Машиностроение, 1990.
4. **Сергеев В. В., Фролова Л. Г.** Разработка и применение алгоритма цилиндрической полиномиальной аппроксимации изображения в скользящем окне // Автометрия. 1996. № 1. С. 22.
5. **Фурсов В. А.** Совмещение изображений с использованием предварительно выделенных фрагментов // Тр. 5-й Всерос. с участием стран СНГ конф. «Методы и средства обработки сложной графической информации». Н. Новгород, 1998. С. 88.
6. **Fursov V. A.** Parameter identification of the models of distorting systems based on a small number of observation // Pattern Recogn. and Image Analysis. 1998. 8, N 2.
7. **Лоусон Ч., Хенсон Р.** Численное решение задач метода наименьших квадратов: Пер. с англ. М.: Наука, 1986.

Поступила в редакцию 16 августа 1999 г.

Реклама продукции в нашем журнале – залог Вашего успеха!