Н.И. Глумов

ПОСТРОЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ МОМЕНТНЫХ ИНВАРИАНТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СКОЛЬЗЯЩЕМ ОКНЕ

ВВЕДЕНИЕ

Во многих задачах обработки цифровых изображений нашли широкое применение моментные характеристики изображений и рассчитываемые на их основе моментные инварианты [1-6]. Основным достоинством моментных инвариантов является нечувствительность к поворотам изображения, что делает эффективным их применение в качестве признаков в задаче обнаружения и распознавания на изображении объектов неизвестной ориентации. При использовании для обработки изображений информационной технологии "скользящего окна" применение моментных инвариантов особенно уместно в связи с возможностью параллельно-рекурсивного вычисления локальных моментных характеристик [7,8].

В ряде работ [1,2,5,6] в качестве признаков двумерных объектов предлагаются отдельные наборы инвариантов, построенные на основе моментов до 3-го порядка. В работах [3,4] описан способ построения таких инвариантов с использованием комплексных моментов. Однако в целом задачу построения информативного множества инвариантных признаков объектов по вычисляемым моментным характеристикам изображения в скользящем окне нельзя считать окончательно решенной, поскольку:

1) необходима адаптация известных подходов к технологии скользящего окна;

2) требуется формализация общего алгоритма синтеза моментных инвариантов произвольного порядка;

3) практическое применение моментных инвариантов невозможно без разработки эффективных алгоритмов выбора наиболее информативных признаков и их вычисления в скользящем окне.

В данной работе предпринята попытка решения поставленных вопросов, а также рассмотрены вопросы вычислительной сложности алгоритмов расчета моментных инвариантов.

1. МОМЕНТНЫЕ ИНВАРИАНТЫ В ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Рассмотрим сначала изображение как функцию двух непрерывных аргументов $x(t_1,t_2)$. Моменты порядка (k,s) определяются согласно формуле

$$m_{ks} = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} t_1^k t_2^s x(t_1,t_2)\,dt_1 dt_2, \quad k,s = 0,1,\ldots \tag{1}$$

Обычно в задачах распознавания используются центральные моменты, обладающие инвариантностью к сдвигу изображения:

$$\mu_{ks}=\int\limits_{-\infty}^{\infty}\int\limits_{-\infty}^{\infty}\left(t_1-\bar{t}_1\right)^k\left(t_2-\bar{t}_2\right)^s x\left(t_1,t_2\right)dt_1dt_2,\quad k,s=0,1,\ldots, \tag{2}$$

где $\bar{t}_1=\dfrac{m_{10}}{m_{00}}$, $\bar{t}_2=\dfrac{m_{01}}{m_{00}}$ - координаты центра тяжести изображения. Очевидно, что центральные моменты (2) выражаются через моменты (1):

$$\mu_{ks}=\sum_{i=0}^{k}\sum_{j=0}^{s}(-1)^{i+j}C_k^iC_s^j\,\bar{t}_1^{k-i}\,\bar{t}_2^{s-j}m_{ij}, \tag{3}$$

где C_k^i, C_s^j- биномиальные коэффициенты. Для центрированного изображения (при $\bar{t}_1=\bar{t}_2=0$) значения моментов (1) и (2) совпадают.

Центральные моменты (2) могут нормироваться для обеспечения инвариантности к масштабированию изображения [1,6], однако в рамках данной работы такое преобразование не рассматривается.

С помощью центральных моментов определяются характеристики, инвариантные к повороту изображения (моментные инварианты). Так, набор характеристик, приведенный в [6], включает семь инвариантов:

$$\begin{aligned}
\Phi_1&=\mu_{20}+\mu_{02},\\
\Phi_2&=\left(\mu_{20}-\mu_{02}\right)^2+4\mu_{11}^2,\\
\Phi_3&=\left(\mu_{30}-3\mu_{12}\right)^2+\left(3\mu_{21}-\mu_{03}\right)^2,\\
\Phi_4&=\left(\mu_{30}+\mu_{12}\right)^2+\left(\mu_{21}+\mu_{03}\right)^2,\\
\Phi_5&=\left(\mu_{30}-3\mu_{12}\right)\left(\mu_{30}+\mu_{12}\right)\left[\left(\mu_{30}+\mu_{12}\right)^2-3\left(\mu_{21}+\mu_{03}\right)^2\right]+\\
&\quad+\left(3\mu_{21}-\mu_{03}\right)\left(\mu_{21}+\mu_{03}\right)\left[3\left(\mu_{30}+\mu_{12}\right)^2-\left(\mu_{21}+\mu_{03}\right)^2\right],\\
\Phi_6&=\left(\mu_{20}-\mu_{02}\right)\left[\left(\mu_{30}+\mu_{12}\right)^2-\left(\mu_{21}+\mu_{03}\right)^2\right]+4\mu_{11}\left(\mu_{30}+\mu_{12}\right)\left(\mu_{21}+\mu_{03}\right),\\
\Phi_7&=\left(3\mu_{21}-\mu_{03}\right)\left(\mu_{30}+\mu_{12}\right)\left[\left(\mu_{30}+\mu_{12}\right)^2-3\left(\mu_{21}+\mu_{03}\right)^2\right]-\\
&\quad-\left(\mu_{30}-3\mu_{12}\right)\left(\mu_{21}+\mu_{03}\right)\left[3\left(\mu_{30}+\mu_{12}\right)^2-\left(\mu_{21}+\mu_{03}\right)^2\right].
\end{aligned} \tag{4}$$

В данном наборе используются только моменты до порядка (k,s) при $k+s\le 3$. В работах [1,2,5] используется более узкий набор инвариантов, входящих в указанное множество (4). Но при любом выборе набора возникают два вопроса:

1) о функциональной избыточности набора, т.е. о возможности выразить один из инвариантов как функцию других;

2) о полноте набора, т.е. о возможности с помощью моментов до заданного порядка построения других функционально независимых инвариантов.

2. МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ МОМЕНТНЫХ ИНВАРИАНТОВ ПРОИЗВОЛЬНОГО ПОРЯДКА

Для ответа на поставленные выше вопросы рассмотрим предложенный в [3,4] метод построения моментных инвариантов с использованием комплексных моментов:

$$C_{ks} = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\left(t_1 + i\,t_2\right)^k \left(t_1 - i\,t_2\right)^s x\left(t_1, t_2\right) dt_1\, dt_2, \quad k, s = 0, 1, \ldots, \tag{5}$$

где $i = \sqrt{-1}$ - мнимая единица. Комплексные моменты являются линейной комбинацией обычных моментов:

$$C_{ks} = R_{ks} + iI_{ks}, \tag{6}$$

где $R_{ks} = \sum_{i,j} a_{ij} m_{ij}, \quad I_{ks} = \sum_{i,j} b_{ij} m_{ij}$ при $i + j = k + s$,

a_{ij}, b_{ij} - целочисленные коэффициенты.

В полярных координатах комплексные моменты могут быть представлены в виде:

$$C_{ks} = \int_0^{2\pi}\int_0^{\infty} \rho^{k+s+1}\, e^{i(k-s)\theta}\, x(\rho\cos\vartheta, \rho\sin\vartheta)\, d\rho\, d\vartheta, \quad k, s = 0, 1, \ldots . \tag{7}$$

С другой стороны, $C_{ks} = \left|C_{ks}\right| e^{i\psi_0}$, где $\left|C_{ks}\right|$, ψ_0 - модуль и аргумент комплексного числа. Путем несложных преобразований выражения (7) показывается, что при повороте изображения на угол $\Delta\vartheta$ значение комплексного момента примет вид:

$$C_{ks}(\Delta\vartheta) = \left|C_{ks}\right| e^{i\psi_0 - i\Delta\theta(k-s)}. \tag{8}$$

Из (8) следует [4], что при повороте изображения не меняются значения $C_{kk}(\Delta\vartheta) = C_{kk}$ и $C_{ks}(\Delta\theta)\, C_{sk}(\Delta\theta) = \left|C_{ks}\right|^2$.

Обобщая эти результаты, введем в рассмотрение произведение

$$C_{k_1 s_1}^{r_1} C_{k_2 s_2}^{r_2} \ldots C_{k_q s_q}^{r_q} = \left| C_{k_1 s_1}^{r_1} C_{k_2 s_2}^{r_2} \ldots C_{k_q s_q}^{r_q} \right| e^{i\left(\psi_{01} r_1 + \ldots + \psi_{0q} r_q\right) - i\Delta\theta\left[\left(k_1 - s_1\right) r_1 + \left(k_2 - s_2\right) r_2 + \ldots + \left(k_q - s_q\right) r_q\right]} \tag{9}$$

Оно является инвариантным к повороту, если выполняется условие:

$$\sum_{i=1}^{q}\left(k_i - s_i\right) r_i = 0. \tag{10}$$

При этом условии в качестве инвариантов можно использовать модуль произведения комплексных моментов $\left| C_{k_1 s_1}^{r_1} C_{k_2 s_2}^{r_2} \ldots C_{k_q s_q}^{r_q} \right|$, вещественную $\mathrm{Re}\left(C_{k_1 s_1}^{r_1} C_{k_2 s_2}^{r_2} \ldots C_{k_q s_q}^{r_q} \right)$ и мнимую $\mathrm{Im}\left(C_{k_1 s_1}^{r_1} C_{k_2 s_2}^{r_2} \ldots C_{k_q s_q}^{r_q} \right)$ часть произведения.

Легко показать, что набор моментных инвариантов (4) для центрированного изображения выражается через комплексные моменты следующим образом:

$$\Phi_1 = C_{11}, \quad \Phi_2 = C_{20}C_{02}, \quad \Phi_3 = C_{21}C_{12}, \quad \Phi_4 = C_{30}C_{03},$$
$$\Phi_5 = \mathrm{Re}\left(C_{21}^3 C_{03}\right), \quad \Phi_6 = \mathrm{Re}\left(C_{21}^2 C_{02}\right), \quad \Phi_7 = -\mathrm{Im}\left(C_{21}^3 C_{03}\right). \tag{11}$$

Отметим, что данный набор является функционально избыточным, т.к. инварианты $\Phi_3, \Phi_4, \Phi_5, \Phi_7$ связаны соотношением:

$$\Phi_5^2 + \Phi_7^2 = \Phi_3^3 \Phi_4 .$$

Очевидно, что по заданному набору комплексных моментов можно построить любое число инвариантов, т.к. любая функциональная комбинация инвариантов также является инвариантом. Однако количество функционально независимых инвариантов ограничено и зависит от числа комплексных моментов, используемых при построении.

Предлагаемый алгоритм синтеза набора функционально независимых инвариантов на основе множества Q комплексных моментов $C_{k_1 s_1}, C_{k_2 s_2}, \ldots, C_{k_q s_q}$ состоит в следующем:

1) из множества Q берутся моменты $C_{k_i s_i}$ при $k_i = s_i$, которые являются инвариантами;

2) задается базовый элемент $C_{k_0 s_0}$ $\left(k_0 = s_0\right)$ множества Q, и для остальных моментов $C_{k_i s_i}$ при $k_i \neq s_i$ строятся инвариантные комбинации, удовлетворяющие требованию (10):

$$\Phi_i = C_{k_0 s_0}^{s_i - k_i} \, C_{k_i s_i}^{k_0 - s_0} \qquad \text{при } \left(k_0, s_0\right) \neq \left(k_i, s_i\right). \tag{12}$$

Очевидно, любое другое инвариантное произведение вида (9) при условии (10), построенное из моментов множества Q, представляется через инварианты (12).

Таким образом, число функционально независимых инвариантов, которое можно построить из q комплексных моментов, составляет:

$$J = \begin{cases} q, & \text{если } k_j = s_j \\ q-1, & \text{если } k_i \neq s_i \end{cases} \quad \text{при } 1 \le i \le q.$$

Так, например, из треугольной матрицы комплексных моментов (5) при $1 \le k + s \le K$, включающей $(K+1)(K+2)/2$ элементов, можно сформировать (неединственным образом) $(K+1)(K+2)/2 - 1$ независимых инвариантов вида (9) при условии (10).

Для центрированного изображения комплексные моменты C_{01}, C_{10} равны нулю, вследствие чего при построении инвариантов они не используются (например, в (4) и (11)). Однако, как будет показано ниже, оказывается возможным и даже желательным использование моментов C_{01} и C_{10} при обработке цифровых изображений в режиме "скользящего окна", специфика которой будет рассмотрена ниже.

3. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МОМЕНТНЫХ ИНВАРИАНТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕЖИМЕ "СКОЛЬЗЯЩЕГО ОКНА"

Для обработки цифровых изображений используются дискретные аналоги моментных характеристик (1), (2), (5), в которых операция интегрирования заменена на суммирование дискретных значений произведений изображения на двумерную степенную функцию. Однако обычно требуются моменты, вычисленные не по всему изображению, а только на ограниченной области - по окну обработки (например, при обнаружении и распознавании объектов ограниченность области вытекает из конечности размеров объектов). В данном случае для каждой точки изображения с координатами (n_1, n_2) локальные моментные характеристики определяются выражением:

$$\mu_{ks}(n_1, n_2) = \sum_{(m_1, m_2)} \sum_{\in D} m_1^k m_2^s x(n_1 - m_1, n_2 - m_2), \tag{13}$$

где D - область, задающая окно обработки.

Применение технологии "скользящего окна" [8] заключается в последовательном перемещении окна по изображению, вычислении и анализе признаков (например, моментных инвариантов) для каждого положения окна. При обнаружении и распознавании объектов такой подход имеет следующие особенности:

1) исчезает необходимость центрирования моментов (путем вычисления по дискретному аналогу формулы (2) или преобразованием моментов (13) в центральные по формуле (3)), поскольку при обработке всегда найдется положение окна, для которого геометрический центр окна будет близок к центру тяжести объекта;

2) возникают ситуации, когда окно захватывает только часть объекта, и эта часть постепенно увеличивается при "наползании" окна на объект, при этом центр тяжести изображения в окне смещается от края окна к его центру.

Для точной локализации (определения координат) объекта на изображении необходимо использовать признаки, характеризующие "захват" объекта окном, например, расстояние от центра тяжести изображения в окне до центра окна. Расстояние является инвариантным к повороту изображения и выражается через моменты:

$$\Phi = \frac{\sqrt{C_{10} C_{01}}}{C_{00}} = \frac{\sqrt{\mu_{10}^2 + \mu_{01}^2}}{\mu_{00}}. \tag{14}$$

Вместо инварианта (14) в качестве признаков можно использовать инварианты $C_{10}C_{01}$, C_{00} по отдельности, а также другие инварианты, построенные согласно (9), (10) с использованием комплексных моментов C_{10}, C_{01} ($C_{20}C_{01}^2$, $C_{30}C_{01}^3$ и т.д.).

Таким образом, набор признаков для распознавания объектов должен состоять из инвариантов:

1) построенных с использованием комплексных моментов младших порядков $(k + s \leq 1)$ и обеспечивающих локализацию объекта;

2) построенных с помощью комплексных моментов высоких порядков $(k + s > 1)$ и обеспечивающих распознавание (различение) объекта.

Вопросы отбора необходимого множества инвариантов будут рассмотрены в следующем разделе.

4. ВЫБОР СИСТЕМЫ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ (РАСПОЗНАВАНИЯ) ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

Задача отбора признаков, обеспечивающих качественное решение поставленной задачи, является одной из основных проблем распознавания образов. Очевидно, при неограниченном росте числа функционально независимых признаков объект может быть идентифицирован с требуемой достоверностью. Однако при этом необходимо соблюдение разумного баланса между вычислительной сложностью используемого алгоритма расчета признаков и качеством решения задачи.

При применении в качестве признаков моментных инвариантов возникают вопросы, связанные:

1) с ограничением порядка комплексных моментов, используемых при построении инвариантов;

2) с синтезом различных инвариантов для заданного порядка комплексных моментов.

Основное влияние на сложность и качество решения задачи оказывает порядок моментов, поскольку только при повышении порядка (как отмечалось выше) возможно увеличение числа функционально независимых инвариантов. Увеличение числа моментных инвариантов за счет синтеза различных комбинаций (в том числе функционально зависимых друг от друга) комплексных моментов до заданного порядка эквивалентно усложнению вида разделяющих поверхностей между классами в подпространстве признаков, состоящем из подмножества функционально независимых признаков [9].

Исходя из сказанного, рекомендуется следующий алгоритм построения и отбора признаков:

1) задается начальный порядок K треугольной матрицы комплексных моментов C_{ks} $(k + s \leq K)$;

2) для заданного порядка конструируются согласно (9), (10) различные комплексные инварианты; в качестве признаков принимаются вещественные и мнимые части, модули комплексных моментов, а также, возможно, их нелинейные комбинации (выбор конкретных инвариантов зависит от множества факторов, например, от вида распознаваемых объектов, и носит во многом эвристический характер);

3) из синтезированного набора признаков отбираются наиболее информативные признаки. Для оценки информативности можно использовать вероятностные характеристики, полученные путем полного моделирования процесса распознавания объектов на изображении. Однако с целью уменьшения трудоемкости отбора признаков возможно использование некоторой меры в пространстве признаков, например, расстояния Махаланобиса между классами [9]. Для отбора признаков можно использовать алгоритмы с наращиванием набора информативных признаков ("селекции вперед"), с

отсевом малоинформативных признаков ("селекции назад") и комбинированные алгоритмы селекции [10];

4) производится проверка достаточности выделенного набора для решения задачи распознавания; в случае, если набор не обеспечивает решение задачи, порядок комплексных моментов увеличивается, и пп.2-4 повторяются с использованием отобранных на предыдущем шаге инвариантов.

5. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА МОМЕНТНЫХ ИНВАРИАНТОВ

Итак, алгоритм вычисления заданного набора моментных инвариантов для каждого положения скользящего окна на изображении включает следующие этапы:

1) вычисление треугольной матрицы моментов μ_{ks} $(k+s\le K)$ до заданного порядка K;

2) вычисление линейных комбинаций моментов, задающих вещественные и мнимые части требуемых комплексных моментов;

3) вычисление значений моментных инвариантов.

Рассмотрим указанные этапы и приведем оценки вычислительной сложности реализуемых алгоритмов.

Как правило, окно обработки имеет прямоугольную форму и без существенной потери общности его можно положить симметричным относительно центрального элемента:

$$D: -M_1 \le m_1 \le M_1; \quad -M_2 \le m_2 \le M_2,$$

где M_1, M_2 - параметры, задающие границы окна по координатам. Выбор размеров окна определяется условиями решаемой задачи (при обнаружении и распознавании размеры окна должны превышать размеры объекта).

Для такого окна применим параллельно-рекурсивный алгоритм вычисления моментных характеристик [7,8], в соответствии с которым организуется (каскадно по осям координат) рекурсия с использованием моментов младших порядков, определенных для предыдущего положения окна:

$$\mu_k(n_1,n_2)=\sum_{i=0}^{k}C_k^i\mu_i(n_1-1,n_2)+(-M_1)^k x(n_1+M_1,n_2)-$$
$$-(M_1+1)^k x(n_1-M_1-1,n_2),$$
$$\mu_{ks}(n_1,n_2)=\sum_{j=0}^{s}C_s^j\mu_{kj}(n_1,n_2-1)+(-M_2)^s\mu_k(n_1,n_2+M_2)-$$
$$-(M_2+1)^s\mu_k(n_1,n_2-M_2-1), \quad 0\le k\le K, \quad 0\le s\le K-k.$$

Данный алгоритм позволяет за один проход изображения скользящим окном вычислить все нужные моментные характеристики. Вычислительная сложность алгоритма определяется только порядком рассчитываемых моментов и не зависит от размеров окна обработки. Для вычисления треугольной матрицы моментов порядка K требуется U_a^μ операций сложения и U_m^μ операций умножения на каждый отсчет обрабатываемого изображения, где

$$U_a^{\mu} = \frac{(K+1)(K+3)(K+8)}{6}, \quad U_m^{\mu} = \frac{K(K+2)(K+7)}{6}.$$

На этапе расчета линейных комбинаций моментов (6) число операций зависит от набора комплексных моментов, необходимых при вычислении инвариантов. Для пары комплексно сопряженных моментов достаточно определения только двух комбинаций, поскольку

$$\mathrm{Re}\left(C_{ks}\right) = \mathrm{Re}\left(C_{sk}\right), \quad \mathrm{Im}\left(C_{ks}\right) = -\mathrm{Im}\left(C_{sk}\right).$$

Следовательно, при использовании треугольной матрицы комплексных моментов C_{ks} $\left(0 \le k \le K, \quad 0 \le s \le K-k\right)$ порядка K необходимо определить только i элементов матрицы C_{ks} $\left(0 \le k \le K, \quad 0 \le s \le \min(k, K-k)\right)$:

$$i = \left[\frac{K+2}{2}\right]\left[\frac{K+3}{2}\right],$$

где $[n]$ - целая часть числа n. При этом количество арифметических операций сложения U_a и умножения U_m составляет

$$U_a^c = \frac{1}{3}\sum_{k=0}^{K}\left[\frac{k}{2}\right]\left(\left[\frac{k}{2}\right]+1\right)\left(\left[\frac{k}{2}\right]+5\right) - \frac{1}{6}\left[\frac{K}{2}\right]\left(\left[\frac{K}{2}\right]+1\right)\left(\left[\frac{K}{2}\right]+5\right),$$

$$U_m^c = \frac{1}{3}\sum_{k=2}^{K}\left(\left[\frac{k}{2}\right]+1\right)\left(\left[\frac{k}{2}\right]+2\right)\left(\left[\frac{k}{2}\right]+3\right) - \frac{1}{6}\left(\left[\frac{K}{2}\right]+1\right)\left(\left[\frac{K}{2}\right]+2\right)\left(\left[\frac{K}{2}\right]+3\right)+1.$$

На практике количество операций умножения может быть ниже приведенной оценки за счет оптимизации вычислительного процесса (например, некоторые коэффициенты в линейных комбинациях оказываются равными единице).

При вычислении моментных инвариантов согласно (9), (10) число операций определяется количеством комплексных умножений, используемых при построении набора инвариантов. В частном случае, при использовании алгоритма с выбором базового элемента (например, C_{01} - см. п.2) число операций для вычисления инвариантов составляет:

$$U_a^{\phi} = 2\left[\frac{K+1}{2}\right]\left[\frac{K+2}{2}\right] + K - 1, \quad U_m^{\phi} = 2U_a^{\phi}.$$

Таким образом, независимость числа выполняемых операций на всех этапах расчета инвариантов от размеров окна обработки делает рассмотренный алгоритм высокоэффективным как с точки зрения вычислительной сложности и реализации алгоритма, так и с точки зрения качества решаемой задачи обработки изображения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе развивается общий подход к построению моментных инвариантов и формированию из них функционально независимого набора признаков, рассматриваются особенности и вводятся инварианты, обусловленные спецификой технологии "скользящего окна", предлагаются алгоритмы отбора признаков по информативности и вычисления инвариантов на изображении в скользящем окне. Приведены оценки вычислительной сложности для алгоритма расчета, которые дают основание считать моментные инварианты перспективными для применения в задачах обработки изображений.

Литература

1. *Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К.* Распознавание и цифровая обработка изображений. - М.: Высшая школа, 1983. - 295с.

2. *Прэтт У.* Цифровая обработка изображений. - М.: Мир, 1982. -Кн.2. - 792с.

3. *Abu-Mostafa Y., Psaltis D.* Image Normalization by Complex Moments // IEEE Trans. Pattern Anal.Mach.Intell, pp. 46-55, Jan.1985.

4. *Abu-Mostafa Y., Psaltis D.* Recognitive Aspects of Moment Invariants // IEEE Trans. Pattern Anal.Mach.Intell, pp. 698-706, Nov.1984.

5. *Maghsoodi R., Rezaie B.* Image Registration Using a Fast Adaptive Algorithm //Methods of Handling and Processing Image.- SPIE.- 1987.- vol.757.- pp.58-63.

6. *Майтра С.* Моментные инварианты // ТИИЭР, 1979. - N 4, - С.297-299.

7. *Glumov N.I., Krainukov N.I., Sergeev V.V., Khramov A.G.* The Fast Algorithm of Image Approximation in a Sliding Window // Pattern Recognition and Image Analysis. - N 4, 1991, pp. 424-426.

8. *Глумов Н.И., Коломиец Э.И., Сергеев В.В.* Информационная технология распознавания объектов на изображении в режиме скользящего окна // Научное приборостроение, N 1, 1993.

9. *Ту Дж., Гонсалес Р.* Принципы распознавания образов. - М.: Мир, 1978. - 412с.

10. *Кутин Г.И.* Методы ранжировки комплексов признаков. Обзор // Зарубежная радиоэлектроника. - 1981. -N 9. -С.54-70.

Development and application of moment invariants for image processing in a sliding window

N.I. Glumov

Abstract

Moment characteristics of images and moment invariants calculated on their basis are applied widely to many digital image processing problems [1-6]. The main advantage of moment invariants is the insensitivity to image rotations, which makes them effective if used as the markers when detecting and recognizing the objects with unknown orientation on the image. When using the "sliding window" information technology for image processing, the use of moment invariants is particularly relevant due to the possibility of parallel-recursive calculation of local moment characteristics [7,8].

Citation: Glumov NI. Development and application of moment invariants for image processing in a sliding window. Computer Optics 1995; 14-15(1): 46-54.

References

[1] Anisimov BV, Kurganov VD, Zlobin VK. Recognition and digital image processing. Moscow: Vysshaya Shkola Publisher; 1983; 295.
[2] Pratt WK. Digital Image Processing; Moscow: Mir Publisher; 1982; 2: 792.
[3] Abu-Mostafa Y, Psaltis D. Image Normalization by Complex Moments. IEEE Trans. Pattern Anal.Mach.Intell; 1985; 46-55.
[4] Abu-Mostafa Y, Psaltis D. Recognitive Aspects of Moment Invariants. IEEE Trans. Pattern Anal.Mach.Intell; 1984; 698-706.
[5] Maghsoodi R, Rezaie B. Image Registration Using a Fast Adaptive Algorithm. Methods of Handling and Processing Image. SPIE; 1987; 757: 58-63.
[6] Maitra S. Moment invariants. TIIER; 1979; 4: 297-299.
[7] Glumov NI, Krainukov NI, Sergeev VV, Khramov AG. The Fast Algorithm of Image Approximation in a Sliding Window. Pattern Recognition and Image Analysis; 1991; 4: 424-426.
[8] Glumov NI, Kolomiets EI, Sergeev VV. Information technology for detection of objects on the image using a sliding window mode. Nauchnoe Priborostroenie Publisher; 1993; 1.
[9] Tu J, Gonzalez R. Principles of pattern recognition. - Moscow: Mir Publisher; 1978; 412.
[10] Kutin GI. Ranking methods for feature complexes. Overview. Foreign Radio Electronics; 1981; 9: 54-70.