

том, что более высокие значения квантования приводят к худшему качеству изображения.

### *Литература*

1. Ватолин, Д. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. - 384 с.

УДК 303.723

## **КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЕКТОРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

студент гр. 714301 Кастюкевич Д.В.

**Научный руководитель – к.т.н. Ролич О. Ч.**

Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники  
Минск, Беларусь

Системы распознавания образов всё в большей степени внедряются в сферу неразрушающего контроля и диагностики машинных агрегатов [1]. На изображениях, получаемых от видео сенсоров, зачастую требуется измерять параметры формы объектов, которые предварительно необходимо распознать и выделить из общего плана. Считывание автомобильных номеров, надписей на контейнерах и железнодорожных вагонах, анализ текстовых документов, идентификация символьной информации на печатных платах и электронных компонентах также упирается в автоматизированное распознавание образов [1, 2].

Одним из операторов распознавания объекта на изображении является его сравнение с эталоном, что на практике, как правило, реализуется посредством оператора корреляции. С помощью него предварительно векторизованное исходное (т.е. полученное от видео сенсора) изображение сравнивается с образом эталона [3].

Векторное изображение – это изображение, распределение яркости и/или форма контуров в котором заданы математически. Задача векторизации исходного изображения включает в себя следующие этапы:

- выделение области расположения образа целевого объекта;
- шумоподавление и бинаризация принятого образа;
- сегментация и описание полученного образа целевого объекта математическими зависимостями.

Оптимальный алгоритм сравнения, обеспечивающий наибольшую вероятность правильного различения, заключается в анализе корреляционной функции между образом распознаваемого целевого объекта и набором эталонов.

Дискретная двумерная корреляционная функция представляется следующей конечной суммой:

$$R_{k,l} = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} X_{i+k,j+l} E_{i,j},$$

где  $X$  – векторизованное исходное изображение целевого объекта размером  $M \times N$ ;  $E$  – векторное изображение эталона,  $m \times n$  – размеры матрицы эталона  $E$ ;  $k, l$  - индексы:  $k = 0, \dots, (M - 1), l = 0, \dots, (N - 1)$ .

База эталонных образов объектов формируется векторным способом. Их форма задается в виде следующих математических уравнений в декартовой или в полярной системе координат.

1. Уравнение эллипса с коэффициентом сжатия  $k$  и радиусом  $R$ :

$$k = 3; \quad R = 2 * \max(m, n)$$

$$A_{i,j} = \begin{cases} -1, \text{ если } \left( \left( i - \frac{m}{2} \right)^2 + k * \left( j - \frac{n}{2} \right)^2 \right) > R, \\ \text{иначе } 1, \end{cases}$$

$$i = 0, \dots, (m - 1), j = 0, \dots, (n - 1).$$

2. Уравнение треугольника с коэффициентом сжатия  $k$ :

$$k = 0.5$$

$$B_{i,j} = \begin{cases} -1, \text{ если } \left( \left| j - \frac{n}{2} \right| - k * i > 0 \right), \\ \text{иначе } 1; \end{cases}$$

3. Уравнение ромба с коэффициентом сжатия  $k$ :

$$k = 0.5$$

$$C_{i,j} = \begin{cases} -1, \text{ если } \left( \left| i - \frac{m}{2} \right| + k * \left| j - \frac{n}{2} \right| > \frac{\min(m, n)}{3} \right), \\ \text{иначе } 1; \end{cases}$$

4. Уравнение прямоугольника размером  $(h \times w)$ :

$$h = \frac{m}{4}; \quad w = \frac{n}{4}$$

$$D_{i,j} = \begin{cases} -1, \text{ если } \left( \left( \left| i - \frac{m}{2} \right| > h \right) \vee \left( \left| j - \frac{n}{2} \right| > w \right) \right), \\ \text{иначе } 1; \end{cases}$$

5. Преобразование прямоугольника в параллелограмм:

$$_D_{i,j} = \begin{cases} -1, \text{ если } \left( \left( \left| i - \frac{m}{2} \right| > h \right) \vee \left( \left| j - \frac{n}{2} \right| > w \right) \right) \\ \text{иначе } 1; \end{cases}$$

$$k = 0.5$$

$$E_{i,j} = _D_{i, \text{mod}(\text{round}(j+n+k*(i-\frac{m}{2})), n)}$$

6. Преобразование прямоугольника в трапецию:

$$_D_{i,j} = \begin{cases} -1, \text{ если } \left( \left( \left| i - \frac{m}{2} \right| > h \right) \vee \left( \left| j - \frac{n}{2} \right| > w \right) \right) \\ \text{иначе } 1; \end{cases}$$

$$k = 0.8$$

$$F_{i,j} = _D_{i, \text{mod}(\text{round}(j+n-\text{sign}(j-\frac{n}{2})*k*(i-\frac{m}{2})), n)}$$

7. Для полярной системы координат  $(R, \Phi)$ :

$$L_{i,j} = \begin{cases} 0, \text{ если } (R_{i,j} < \frac{m}{2} * \cos(6 * \frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180})); \\ \text{иначе } -1 \end{cases}$$

$$M_{-1i,j} = \begin{cases} 0, \text{ если } (R_{i,j} < \frac{m}{5} * \left( 1 - \sin\left(\frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180}\right) \right)); \\ \text{иначе } -1 \end{cases}$$

$$N_{1,i,j} = \begin{cases} 0, \text{ если } \left( R_{i,j} < \left( 8 * \left( 1 + \cos \left( 3 * \frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180} \right) \right) + 10 * \sin \left( 3 * \frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180} \right)^2 \right) \right); \\ \text{иначе} - 1 \end{cases}$$

$$O_{i,j} = \begin{cases} 0, \text{ если } \left( R_{i,j} < \left( 1 + 12 * \cos \left( 4 * \frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180} \right) + 15 * \sin \left( 2 * \frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180} \right)^2 + 8 * \right. \right. \\ \left. \left. \sin \left( 2 * \frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180} \right)^4 \right) \right); \\ \text{иначе} - 1 \end{cases}$$

$$P_{i,j} = \begin{cases} 0, \text{ если } \left( R_{i,j} < \left( 1 + 15 * \cos \left( 4 * \frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180} \right) + 13 * \sin \left( 2 * \frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180} \right)^2 + 7 * \right. \right. \\ \left. \left. \sin \left( 2 * \frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180} \right)^4 \right) \right); \\ \text{иначе} - 1 \end{cases}$$

$$Q_{i,j} = \begin{cases} 0, \text{ если } \left( R_{i,j} < \left( 1 + 13 * \cos \left( 4 * \frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180} \right) + 12 * \sin \left( 4 * \frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180} \right)^2 + 13 * \right. \right. \\ \left. \left. \sin \left( 2 * \frac{\pi * \Phi_{i,j}}{180} \right)^4 \right) \right); \\ \text{иначе} - 1 \end{cases}$$

Примеры некоторых полученных в результате математических расчетов сгенерированных векторных изображений представлены на рисунке 1.

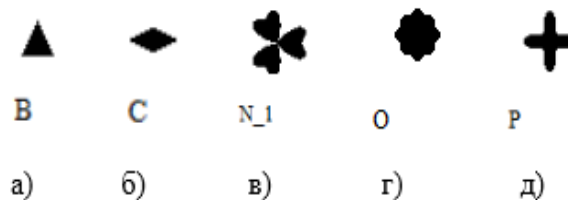


Рис.1. Визуализация сгенерированных векторных изображений:  
а) – треугольник, б) – ромб, в) – фигура  $N_1$ , г) – фигура  $O$ , д) – фигура  $P$

Анализ результатов корреляционного метода сравнения образов объектов с эталоном проводится на изображении, состоящем из множества описанных выше векторных образов, расположенных в позициях с заданными координатами. Результат корреляции эталона  $C_{i,j}$  с созданным изображением представлен на рисунке 2.

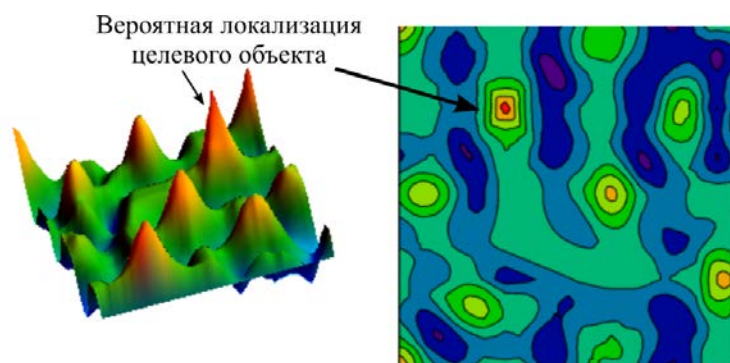


Рис.2. Трёхмерный вид (слева) и линии уровней (справа) результирующей корреляционной функции

На рисунке 2 отчётливо просматриваются локальные максимумы, соответствующие расположению отдельных объектов, с выраженным глобальным максимумом в месте локализации эталонного объекта, с которым проводилась операция корреляции.

Таким образом, корреляционный оператор позволяет вычислить наиболее вероятную позицию распознаваемого целевого объекта в поле зрения системы технического зрения. Корреляционный анализ несёт в себе огромный потенциал, и является почвой для исследования, так как он уже используется во многих сферах, таких как математический анализ, статистика, векторная графика, цифровые сигналы и различные области техники. Но для более практичного использования корреляционного анализа требуется разработка сложных вычислительных, аналитических и практических методов.

### *Литература*

1. Карлин, А.К. Распознавание номеров железнодорожных цистерн с использованием корреляционного алгоритма [Текст] / А.К. Карлин, А.Н. Малков, Е.А. Тимофеев, Г.П. Штерн // Математика, кибернетика, информатика. Труды международной научной конференции (Ярославль, 25-26 июня, 2008). – Ярославль : ЯрГУ, 2008. – С. 103 – 110.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – пер. с англ. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Харченко, М.А. Корреляционный анализ / М.А. Харченко // Учебное пособие для вузов. – Воронеж : ВГУ, 2008. – 31 с.

УДК 621.398

### **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО MQTT-ПРОТОКОЛА В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

студенты гр. 714302 Пархомчук К.Ю., Борисенко В.В.

*Научный руководитель – к.т.н. Ролич О.Ч.*

Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники  
Минск, Беларусь

С развитием промышленного производства значительно увеличилось количество приборов, которые требуют определённого контроля и получения от них различных данных. Для решения проблем взаимодействия большого количества приборов и объединения их в единую сеть создана концепция «Интернета вещей» [1].