

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ РЕАЛЬНЫХ ПЛОСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИХ БЕЗРАЗМЕРНЫХ КОНТУРНЫХ ПРИЗНАКОВ

С. С. Садыков, Я. Ю. Кульков

### Введение

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по распознаванию отдельных реальных плоских объектов (ОРПО) с использованием безразмерных признаков, полученных из характеристик контуров бинарных изображений этих объектов, разработанных в [1].

Распознавание объектов по их изображениям – традиционная область цифровой обработки изображений. Распознавание имеет своей целью отнесение объекта к одному из заранее определенных типов. Для решения данной задачи необходимо получение определенных признаков объекта по его изображению, которые позволят идентифицировать его с минимальной ошибкой. Для установления связи между значениями признаков объекта и решения о принадлежности его к определенному классу необходимо использование обучающей совокупности известных объектов [2–18].

### Алгоритм формирования безразмерных признаков

На рис. 1 приведена общая блок-схема технологии проведения экспериментов расчета безразмерных признаков по контурам бинарных изображений отдельных тестовых плоских объектов и их распознавания.

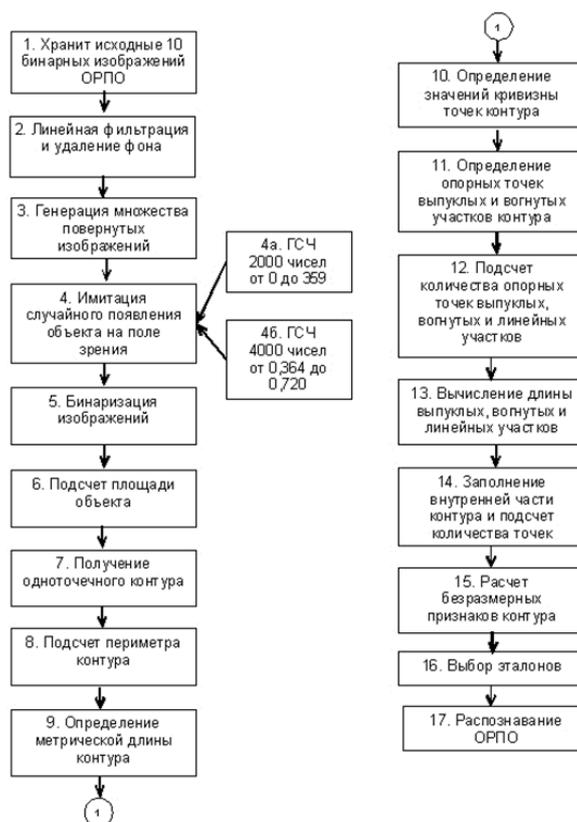


Рис. 1. Общая блок-схема технологии проведения экспериментов расчета безразмерных признаков по контурам бинарных изображений отдельных тестовых плоских объектов и их распознавания

Блок 1 хранит 10 исходных изображений ОРПО. Примеры этих изображений объектов приведены на рис. 2.

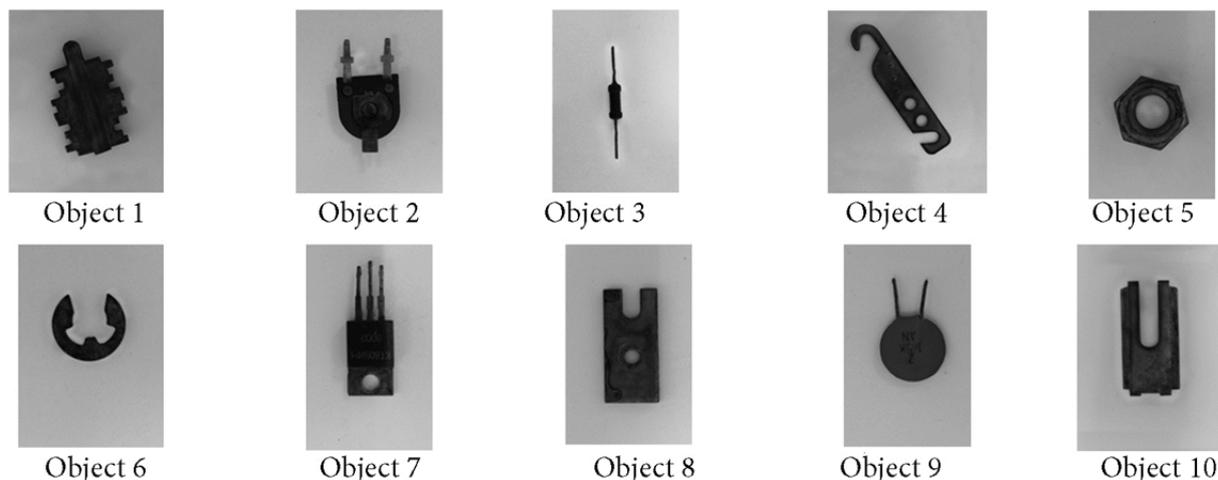


Рис. 2. Тестовые изображения

Эксперимент проводится на презентабельной выборке изображений каждого из 10 ОРПО. Для этого в блоке 3 проводится генерация множества повернутых изображений.

В блоке 2 выполняется линейная фильтрация входного изображения и удаление фона. Выходом блока является изображение реального объекта на белом фоне.

Для каждого из изображений в блоке 3 вычисляются центры тяжести по формулам (1):

$$x_{ц.ф.} = \frac{\sum_{x=1}^n \left( \sum_{y=1}^m f(x, y) \right) x}{\sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m f(x, y)}; \quad y_{ц.ф.} = \frac{\sum_{y=1}^m \left( \sum_{x=1}^n f(x, y) \right) y}{\sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m f(x, y)}, \quad (1)$$

где  $x, y$  – дискретные координаты точек полутонового изображения;  $f(x, y)$  – значение яркости точки изображения с координатами  $x, y$  ( $0 \leq f(x, y) \leq 255$ );  $n, m$  – число точек объекта по горизонтали и вертикали.

Для вращения изображения на угол  $\alpha$  используется алгоритм, приведенный в [8].

Формируется массив повернутых изображений каждого из 10 ОРПО с шагом в 1 градус. Всего 3600 изображений.

Блок 4 реализует имитацию случайного появления объекта в поле зрения распознающей системы. С помощью генераторов случайных чисел (ГСЧ) с нормальным распределением (блок 4а) из повернутых 360 изображений каждого из 10 ОРПО формируется 10 массивов по 2000 изображений.

С помощью второго ГСЧ в блоке 4б получаем числа в диапазоне 0,364 до 0,720. Такое ограничение необходимо для того, чтобы свести к минимуму расположения изображений вне рабочего поля. Для 2000 реализаций каждого объекта генерируются 4000 чисел. Первое число от ГСЧ будем считать координатой центра тяжести по оси икс  $X_{ц}$  объекта, второе число –  $Y_{ц}$ . Таким образом определяются координаты центра тяжести каждой из 2000 реализации каждого из 10 ОРПО. Согласно этим координатам 2000 реализации каждого из 10 ОРПО размещаются на рабочем поле.

Блок 5 реализует бинаризацию полутоновых изображений с использованием алгоритма сегментации Отсу.

Блок 6 рассчитывает количество точек в каждом из 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО, т.е. вычисляет площадь объекта  $S_0$ . Пример результата вычислений 2000 реализаций 1-го ОРПО приведен в табл. 1.

Таблица 1

|                |        |        |        |       |       |        |       |       |        |        |
|----------------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|
| № реализации   | 1      | 2      | 3      | ....  | ...   | 856    | ..... | ..... | 1999   | 2000   |
| Параметр $S_0$ | 80 220 | 80 145 | 80 192 | ..... | ..... | 80 223 | ..... | ..... | 80 218 | 80 197 |

Блок 7 формирует одноточечные контуры бинарных изображений объектов по алгоритму в [4]. Примеры полученных контуров изображений реализаций 1-го ОРПО приведены на рис. 3.

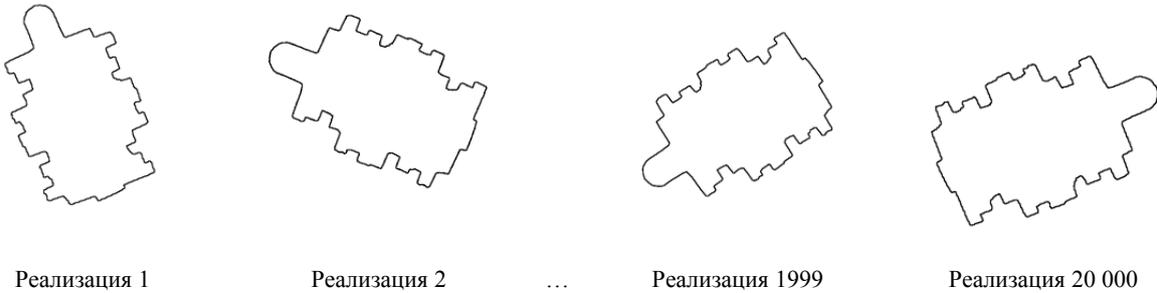


Рис. 3. Примеры полученных контуров изображений реализаций 1-го ОРПО

Блок 8 рассчитывает количество точек, образующих контур каждой из 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО. Пример такого расчета приведен для реализаций 1-го ОРПО на табл. 2.

Таблица 2

|                |      |      |      |       |      |       |      |       |      |      |
|----------------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|
| № реализации   | 1    | 2    | 3    | ..... | 947  | ..... | 1346 | ....  | 1999 | 2000 |
| Параметр $P_0$ | 1493 | 1384 | 1507 | ..... | 1585 | ..... | 1575 | ..... | 1468 | 1579 |

Блок 9 определяет метрическую длину контура каждого из 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО. Пример такого расчета приведен для реализаций 1-го ОРПО на табл. 3.

Таблица 3

|                            |         |         |   |       |       |         |       |       |         |         |
|----------------------------|---------|---------|---|-------|-------|---------|-------|-------|---------|---------|
| № реализации               | 1       | 2       | 3 | ..... | ..... | 1875    | ..... | ..... | 1999    | 2000    |
| Параметр $L_{\text{конт}}$ | 1841.61 | 1767.27 |   | ..... | ..... | 1813.74 | ..... | ..... | 1766.27 | 1819.89 |

В блоке 10 определяется значение кривизны в точках каждого контура каждого из 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО по алгоритму в [2].

Блок 11 определяет опорные точки выпуклых и вогнутых участков контура.

Пример маркировки опорных точек с отмеченными выпуклыми (+ 90, + 135), вогнутыми (-90, -135) и линейными (отмечены 1) участками приведен на рис. 4.

|   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 |
| 0 | 0    | 0    | +135 | 1    | 1    | 1    | 0    | +135 | 1    | +135 | 0    | 0    | 0    | 0 |
| 0 | 0    | +135 | 0    | 0    | 0    | 0    | -90  | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0 |
| 0 | 0    | +135 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | +135 | 0    | 0 |
| 0 | 0    | 0    | -90  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0 |
| 0 | 0    | +90  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | -135 | 0    | 0 |
| 0 | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | +90  | 0 |
| 0 | 0    | 0    | 0    | -90  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | -135 | 0    | 0 |
| 0 | 0    | +135 | -135 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0 |
| 0 | +135 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | -135 | 0    | 0 |
| 0 | +135 | 0    | -90  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | +135 | 0 |
| 0 | 0    | +90  | 0    | -135 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | +135 | 0 |
| 0 | 0    | 0    | 0    | +135 | 0    | 0    | -135 | 1    | -135 | 0    | -135 | +135 | 0    | 0 |
| 0 | 0    | 0    | 0    | 0    | +135 | +135 | 0    | 0    | 0    | +90  | 0    | 0    | 0    | 0 |
| 0 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 |

Рис. 4. Пример результата работы блока 9

Блок 12 вычисляет количество опорных точек выпуклых, вогнутых и линейных участков контуров.

Пример расчета опорных точек реализаций 1-го ОРПО дан в табл. 4.

Таблица 4

| Параметр | Номер реализации |     |     |       |       |     |     |       |       |      |
|----------|------------------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-------|-------|------|
|          | 1                | 2   | 3   | ..... | ..... | 956 | 957 | ....  | ....  | 2000 |
| $M_1$    | 67               | 20  | 4   | ..... | ..... | 15  | 10  | ..... | ..... | 10   |
| $M_2$    | 65               | 19  | 5   | ..... | ..... | 16  | 13  | ..... | ..... | 13   |
| $M_3$    | 396              | 360 | 456 | ..... | ..... | 456 | 463 | ..... | ..... | 463  |
| $M_4$    | 394              | 357 | 446 | ..... | ..... | 446 | 449 | ..... | ..... | 449  |
| $K$      | 164              | 133 | 467 | ..... | ..... | 515 | 524 | ..... | ..... | 524  |
| $T$      | 366              | 510 | 135 | ..... | ..... | 87  | 80  | ..... | ..... | 80   |

В табл. 4:  $M_1$  – количество точек контура с значением + 90;  $M_2$  – количество точек контура с значением –90;  $M_3$  – количество точек контура с значением + 135;  $M_4$  – количество точек контура с значением –135;  $K$  – количество четырех связанных точек контура;  $T$  – количество  $D$  связанных точек контура.

Блок 14 по формулам (2), (3) и (4) вычисляет общую длину выпуклых, вогнутых и линейных участков всего контура каждого объекта:

$$L_{\text{общ.вып.}} = 1/2[M_1 2b + M_3(a + b)]; \tag{2}$$

$$L_{\text{общ.вог.}} = 1/2 [M_2 2b + M_4(a + b)]; \tag{3}$$

$$L_{\text{общ.лин.}} = 1/2(K 2a + T 2b), \tag{4}$$

где  $a$  – расстояние между четырьмя связными точками;  $b$  – расстояние между  $D$  связными точками.

Пример результата работы блока по расчету параметров на основе формул (2), (3) и (4) приведен в табл. 5

Таблица 5

| Параметр              | Номер реализации |        |       |        |       |        |       |       |       |        |
|-----------------------|------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
|                       | 1                | 2      | ..... | 573    | ..... | 1233   | ..... | ..... | ..... | 2000   |
| $L_{\text{общ.вып.}}$ | 561.92           | 561.13 | ..... | 647.93 | ..... | 393.9  | ..... | ..... | ..... | 573.03 |
| $L_{\text{общ.вог.}}$ | 551.26           | 552.47 | ..... | 667.06 | ..... | 386.45 | ..... | ..... | ..... | 560.37 |
| $L_{\text{общ.лин.}}$ | 637.79           | 636.01 | ..... | 581.21 | ..... | 996.92 | ..... | ..... | ..... | 637.13 |

Блок 14 формирует изображения ОРПО с отмеченными внутренними точками и подсчитывает их (табл. 6).

Пример подсчета внутренних точек для реализаций 1-го ОРПО дан в табл. 6.

Таблица 6

| № реализации | 1      | 2      | ..... | 753    | ..... | 1387   | ..... | 1786   | ....  | 2000   |
|--------------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| Параметр В   | 78 698 | 78 705 | ..... | 78 701 | ..... | 78 694 | ..... | 78 703 | ..... | 78 681 |

Блок 15 осуществляет расчет векторов безразмерных признаков каждой из 2000 реализаций всех 10 ОРПО.

$$K_1 = P_0/S_0, \tag{5}$$

$$K_2 = M_1 /S_0, \tag{6}$$

$$K_3 = M_2/S_0, \tag{7}$$

$$K_4 = M_3/S_0, \tag{8}$$

$$K_5 = M_4 /S_0, \tag{9}$$

$$K_6 = K/S_0, \tag{10}$$

$$K_7 = T/S_0, \tag{11}$$

$$K_8 = M1 / P_0, \quad (12)$$

$$K_9 = M2 / P_0, \quad (13)$$

$$K_{10} = M3 / P_0, \quad (14)$$

$$K_{11} = M4 / P_0, \quad (15)$$

$$K_{12} = K / P_0, \quad (16)$$

$$K_{13} = S / P_0, \quad (17)$$

$$K_{14} = L_{\text{общ.лин.}} / L_{\text{конт.}}, \quad (18)$$

$$K_{15} = L_{\text{общ.вог.}} / L_{\text{конт.}}, \quad (19)$$

$$K_{16} = L_{\text{общ.Вып.}} / L_{\text{конт.}}. \quad (20)$$

Пример полученных признаков для 2000 реализаций 1-го ОРПО дан в табл. 7.

Таблица 7

| Коэффициенты    | Номер реализации |          |     |         |
|-----------------|------------------|----------|-----|---------|
|                 | 1                | 2        | ... | 2000    |
| K <sub>1</sub>  | 0,01897          | 0,01887  |     | 0,01916 |
| K <sub>2</sub>  | 3,739e-5         | 6,232e-5 |     | 0,00012 |
| K <sub>3</sub>  | 4,986e-5         | 4,986e-5 |     | 0,00016 |
| K <sub>4</sub>  | 0,00575          | 0,00572  |     | 0,00577 |
| K <sub>5</sub>  | 0,00563          | 0,00564  |     | 0,00559 |
| K <sub>6</sub>  | 0,00646          | 0,00618  |     | 0,00653 |
| K <sub>7</sub>  | 0,00104          | 0,00123  |     | 0,00099 |
| K <sub>8</sub>  | 0,00197          | 0,00330  |     | 0,0065  |
| K <sub>9</sub>  | 0,00262          | 0,00264  |     | 0,00845 |
| K <sub>10</sub> | 0,30354          | 0,30317  |     | 0,30123 |
| K <sub>11</sub> | 0,29697          | 0,29920  |     | 0,29212 |
| K <sub>12</sub> | 0,34099          | 0,32760  |     | 0,34092 |
| K <sub>13</sub> | 0,05519          | 0,06538  |     | 0,05204 |
| K <sub>14</sub> | 0,36475          | 0,36401  |     | 0,36034 |
| K <sub>15</sub> | 0,31526          | 0,31620  |     | 0,31693 |
| K <sub>16</sub> | 0,32136          | 0,32116  |     | 0,32408 |

### Обучение системы

С помощью блока 16 в диалоговом режиме осуществляется выбор эталонов для распознавания каждой из 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО. По гистограмме, полученной в блоке 3, выбирается вектор признаков самой часто использованной из 360 повернутых вариантов, например, 1-го ОРПО, при формировании 2000 реализаций. Для данного вектора коэффициентов по методу среднеквадратичного отклонения (21) вычисляется  $Z_i$  с каждой из 2000 реализаций:

$$Z_i = \frac{1}{n+1} \sum_{j=1}^n (K_{ej} - K_{lj})^2, \quad (21)$$

где  $n$  – число признаков;  $l$  – номер распознаваемого объекта ( $l = 1, 2, \dots, 2000$ );  $K_{ej}$  – значение  $j$ -го признака вектора коэффициентов  $K$  выбранного эталона;  $K_{lj}$  – значение  $j$ -го признака вектора коэффициентов  $K$  выбранной реализации.

Вычисляются 2000 СКО  $Z_i$ . Среди них ищутся  $Z_{\min}$

$$Z_{\min} = \min \{Z_i\}. \quad (22)$$

Найденные значения  $Z_{\min}$  указывают номера реализаций среди 2000 изображений, вектора-признаки которых совпадают с вектором-признаком выбранной как эталон реализации. Очевидно, что с одним эталоном распознать все 2000 реализации 1-го ОРПО невозможно.

На втором шаге на основе гистограммы выбирается как эталон вектор-признак следующей часто использованной из 360 повернутых вариантов, например, 1-го ОРПО, при формировании 2000 реализаций. Вычисляются 2000 СКО  $Z_i$ . Среди них ищутся  $Z_{\min}$  по формуле (22).

Найденные значения  $Z_{\min}$  указывают номера реализаций среди 2000 изображений, вектора-признаки которых совпадают с вектором-признаком выбранной как эталон реализации и т.д. Выбор эталонов для реализаций 1-го ОРПО проводится до тех пор, пока не будут распознаны все 2000 реализации.

Выбор эталонов проводится аналогично для всех реализаций всех остальных 9 ОРПО.

Результаты выбора эталонов для 2000 реализаций каждого из 10 ОРПО приведены в табл. 8.

Таблица 8

|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Номер ОРПО      | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| Кол-во эталонов | 33 | 34 | 48 | 19 | 20 | 27 | 35 | 28 | 33 | 27 |

На этом обучение системы распознавания завершается.

### Экзамен обученной системы и анализ результатов исследований

Блок 17 осуществляет экзамен обученной системы на 20 000 реализациях всех 10 ОРПО на основе формул (21) и (22).

Экзамен заключается в сравнении векторов признаков всех 20 000 реализаций всех 10 с выбранными ОРПО эталонами.

Производится выбор некоторого случайного объекта. Для него выполняются все описанные процедуры получения безразмерных признаков контура. Полученный вектор признаков неизвестного ОРПО сравнивается со всеми эталонными векторами-признаками в табл. 8. Определяется тип ОРПО в соответствии с  $\min\{Z_{\min}\}$ .

Процедура экзамена повторяется для 2-го неизвестного объекта, и так далее для всех 20 000 реализаций всех 10 ОРПО.

Строится таблица и графики (рис. 5, 6) правильного распознавания (табл. 9).

Таблица 9

| Номер объекта | Количество испытаний | Количество эталонов |             |        |             |        |             |        |             |        |             |        |             |
|---------------|----------------------|---------------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|
|               |                      | 15                  |             | 20     |             | 25     |             | 30     |             | 40     |             | 48     |             |
|               |                      | кол-во              | проц. расп. | кол-во | проц. расп. | кол-во | проц. расп. | кол-во | проц. расп. | кол-во | проц. расп. | кол-во | проц. расп. |
| 1             | 2000                 | 1160                | 58          | 1480   | 74          | 1721   | 86.05       | 1941   | 97.05       | 2000   | 100         | 2000   | 100         |
| 2             | 2000                 | 1191                | 59.6        | 1490   | 74.5        | 1764   | 88.2        | 1917   | 95.85       |        | 100         | 2000   | 100         |
| 3             | 2000                 | 937                 | 46.9        | 1172   | 58.6        | 1375   | 68.75       | 1565   | 78.25       | 1833   | 91.65       | 2000   | 100         |
| 4             | 2000                 | 1797                | 89.9        | 2000   | 100         | 2000   | 100         | 2000   | 100         | 2000   | 100         | 2000   | 100         |
| 5             | 2000                 | 1838                | 91.9        | 2000   | 100         | 2000   | 100         | 2000   | 100         | 2000   | 100         | 2000   | 100         |
| 6             | 2000                 | 1389                | 69.5        | 1740   | 87          | 1963   | 98.15       | 2000   | 100         | 2000   | 100         | 2000   | 100         |
| 7             | 2000                 | 1189                | 59.5        | 1431   | 71.55       | 1658   | 82.9        | 1299   | 64.95       | 2000   | 100         | 2000   | 100         |
| 8             | 2000                 | 1417                | 70.9        | 1706   | 85.3        | 1957   | 97.85       | 2000   | 100         | 2000   | 100         | 2000   | 100         |
| 9             | 2000                 | 1169                | 58.5        | 1568   | 78.4        | 1845   | 92.25       | 1963   | 98.15       | 2000   | 100         | 2000   | 100         |
| 10            | 2000                 | 1462                | 73.1        | 1698   | 84.9        | 1923   | 96.15       | 2000   | 100         | 2000   | 100         | 2000   | 100         |

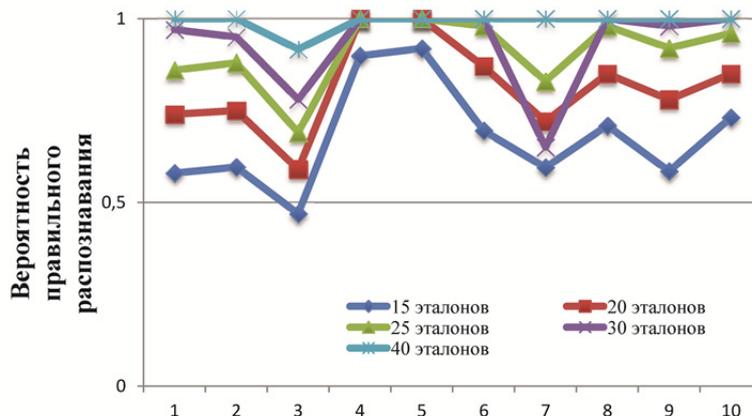


Рис. 5. График изменения вероятности правильного распознавания отдельных тестовых объектов при разном количестве эталонов

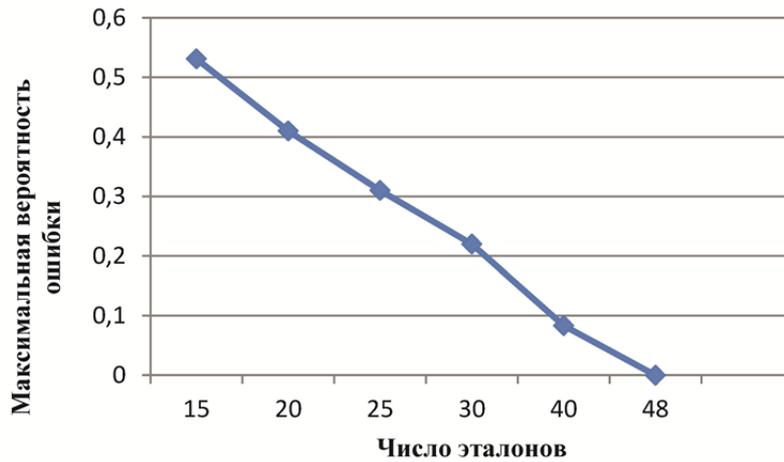


Рис. 6. График зависимости максимальной вероятности ошибки от числа эталонов для 5-го объекта

График изменения времени на распознавание при увеличении количества эталонов представлен на рис. 7.

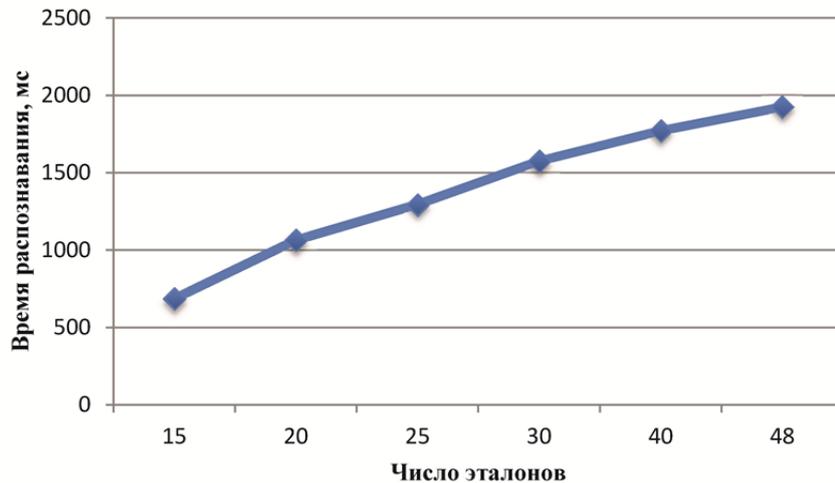


Рис. 7. График зависимости времени распознавания от числа эталонов на объект

Анализ приведенных графиков позволил сделать вывод о справедливости предложенного подхода.

### Заключение

Таким образом, объект под номером 3 имеет простой контур. Но вследствие дискретного характера значения координат точек, составляющих изображение, при вращении меняется структура контура. При некоторых углах имеет место больше количество линейных участков контура изображения данного объекта. При этом при других углах линейный характер контура изменяется, и получаем большое количество выпуклых участков с углом 135. Вследствие этого первичные коэффициенты различных повернутых экземпляров данного объекта существенно отличаются. А значит, и полученные векторы признаков будут иметь отличия. На этапе обучения одним эталоном удастся распознать меньшее количество изображений. Это привело к необходимости использовать 48 эталонов для достижения 100 %-го распознавания [22, 23].

Те же рассуждения справедливы и для объекта 5. При вращении полутонового изображения получаем различное соотношение линейных, выпуклых и вогнутых участков контура.

При обучении системы для распознавания объекта под номером 4 получено 19 эталонов. При всей сложности изображения исходного объекта его бинаризованное представление дало небольшое различие в векторах признаков.

Обученная система была протестирована на 20 000 сгенерированных изображений. Полученный набор эталонов позволил получить 100 % распознавания, что показывает высокую эффективность предложенных признаков [19–21].

В ходе проведения экспериментов получено время, требуемое для распознавания объекта, поступающего на вход тестовой системы изображения. Используемая для написания программа не подвергалась оптимизации, в результате чего полученное время является достаточно большим для применения в системах технического зрения. Основное время занимают алгоритмы выделения одноточечного контура и маркировки опорных точек. При практическом использовании данного алгоритма идентификации объектов необходимо провести оптимизацию данных функций в программе. Также в программе используются линейная фильтрация и алгоритм бинаризации методом Отсу. Данные алгоритмы широко применяются в различных задачах цифровой обработки изображений и при этом возможно использование готовых функций, оптимизированных для применения в системах реального времени.

### Список литературы

1. Садыков, С. С. Формирование безразмерных коэффициентов формы замкнутого дискретного контура / С. С. Садыков // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2014. – № 4 (29). – С. 91–98.
2. Садыков, С. С. Идентификация реальных плоских объектов на основе единственного признака точек их внешних контуров / С. С. Садыков, С. В. Савичева // Информационные технологии. – 2011. – № 8. – С. 13–16.
3. Садыков, С. С. Технология выделения области кисты на маммограмме / С. С. Садыков, Е. А. Захарова, Ю. А. Буланова // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2013. – № 1 (43). – С. 7–12.
4. Исследование маркерного водораздела для выделения области рака молочной железы / С. С. Садыков, Ю. А. Буланова, Е. А. Захарова, В. С. Яшков // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2013. – № 1 (23). – С. 56–64.
5. Андрианов, Д. Е. Разработка муниципальных геоинформационных систем / Д. Е. Андрианов, С. С. Садыков, Р. А. Симаков. – М. : Мир, 2006. – 109 с.
6. Жизняков А. Л. Теоретические основы обработки многомасштабных последовательностей цифровых изображений : моногр. / А. Л. Жизняков, С. С. Садыков. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2008. – 121 с.
7. Критерии выделения групп риска из лиц трудоспособного возраста при медицинских исследованиях на системе АСПО / О. И. Евстигнеева, С. С. Садыков, Е. Е. Сулова, А. С. Белякова // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2012. – № 19. – С. 33–39.
8. Садыков, С. С. Диалоговая система анализа маммографических снимков / С. С. Садыков, Ю. А. Буланова, Е. А. Захарова // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2012. – № 19. – С. 155–167.
9. Садыков, С. С. Исследование наложенности плоских объектов в поле зрения системы технического зрения / С. С. Садыков, С. В. Савичева // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2012. – Т. 55, № 2. – С. 14–18.
10. Садыков, С. С. Алгоритм текстурной сегментации для выявления областей кисты на маммограммах / С. С. Садыков, Ю. А. Буланова, А. Г. Романов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2013. – № 1 (23). – С. 50–55.
11. Садыков, С. С. Автоматическая объективная оценка и выбор наиболее значимых параметров для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний / С. С. Садыков, И. А. Сафиулова, А. С. Белякова // Автоматизация и современные технологии. – 2012. – № 3. – С. 27–33.
12. Садыков, С. С. Система формирования данных об информационных ресурсах краеведческого музея и управления ими: опыт разработки и использования / С. С. Садыков, Е. Е. Канунова // Информационные технологии. – 2007. – № 10. – С. 59–65.
13. Садыков, С. С. Математические модели некоторых сердечно-сосудистых заболеваний / С. С. Садыков, А. С. Белякова // Информационные технологии. – 2011. – № 12. – С. 59–63.
14. Садыков, С. С. Распознавание плоских объектов при их наложении / С. С. Садыков, С. В. Савичева // Информационные технологии. – 2013. – № 2. – С. 43–46.
15. Садыков, С. С. Компьютерная диагностика новообразований на маммографических снимках / С. С. Садыков, Ю. А. Буланова, Е. А. Захарова // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 1. – С. 131–138.
16. Садыков, С. С. Математическая модель диагностики инфекционного эндокардита / С. С. Садыков, А. С. Белякова, Е. А. Пугин // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2012. – № 19. – С. 150–154.
17. Садыков, С. С. Сравнение алгоритмов распознавания наложенных объектов на основе  $\alpha$ -функции и на основе особых участков / С. С. Садыков, С. В. Савичева, В. А. Комков // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2012. – № 19. – С. 197–202.

18. Садыков, С. С. Экспериментальное исследование системы автоматического распознавания на парах изображений проекций реальных трехмерных объектов / С. С. Садыков, А. В. Терехин // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2015. – Т. 1. – С. 273–276.
19. Садыков, С. С. Технология формирования эталонов трехмерных объектов для их распознавания / С. С. Садыков, А. В. Терехин, А. О. Кравченко // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2012. – Т. 1. – С. 373–376.
20. Терехин, А. В. Распознавание объектов методом вычисления оценок с использованием диагональных признаков формы / А. В. Терехин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2014. – № 1. – С. 17–25.
21. Садыков, С. С. Определение диапазонов значений признаков формы плоских геометрических фигур при их произвольном расположении в области сцены / С. С. Садыков, А. В. Терехин, К. С. Захаров // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2013. – Т. 1. – С. 343–345.

**Садыков Султан Садыкович**

доктор технических наук, профессор,  
кафедра информационных систем,  
Муромский институт (филиал)  
Владимирского государственного  
университета им. А. Г. и Н. Г. Столетовых  
(600254, Россия, г. Муром, ул. Орловская, 23)  
E-mail: sadykovss@yandex.ru

**Кульков Ярослав Юрьевич**

старший преподаватель,  
кафедра систем автоматизированного проектирования,  
Муромский институт (филиал)  
Владимирского государственного  
университета им. А. Г. и Н. Г. Столетовых  
(600254, Россия, г. Муром, ул. Орловская, 23)  
E-mail: y\_mail@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена экспериментальному исследованию возможности применения безразмерных признаков контура бинарного изображения реального объекта для его распознавания. Приведены результаты экспериментов по идентификации реальных объектов на основе значений среднеквадратичных отклонений между эталонами и неизвестным входным объектом. Полученные результаты позволяют говорить о возможности применения данного метода для идентификации плоских объектов в системах технического зрения. Точность идентификации не зависит от положения исходного объекта относительно камеры.

**Ключевые слова:** распознавание изображений, идентификация объектов, плоские объекты, эталон, система технического зрения.

**Sadykov Sultan Sadykovich**

doctor of technical sciences, professor,  
sub-department of information systems,  
Murom Institute (branch) of  
Vladimir State University  
named after A. G. and N. G. Stoletovyh  
(600254, 23 Orlovskaya street, Murom, Russia)

**Kul'kov Yaroslav Yur'evich**

senior lecturer,  
sub-department of computer-aided design,  
Murom Institute (branch) of  
Vladimir State University  
named after A. G. and N. G. Stoletovyh  
(600254, 23 Orlovskaya street, Murom, Russia)

**Abstract.** The article is devoted to experimental study the possibility of using dimensionless marks of binary contour image of a real object for recognition. Results of experiments of identification of real objects based on the values of the standard deviation between the etalons and the unknown input object. The received results allow to speak about possibility of this method application for identification of flat objects in vision systems. The identification accuracy does not depend on the initial position of the object relative to the camera.

**Key words:** image recognition, object identification, flat objects, standard, the system of technical sight.

УДК 004.93

Садыков, С. С.

Оценка возможности распознавания отдельных реальных плоских объектов на основе их безразмерных контурных признаков / С. С. Садыков, Я. Ю. Кульков // Надежность и качество сложных систем. – 2015. – № 4 (12). – С. 101–109.