
ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ДАННЫХ, РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ, ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

УДК 004.932.2

КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР, ВПИСАННЫХ В КВАДРАТ, ПО ИХ ФОРМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИАГОНАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ

Статья поступила в редакцию 31.12.2013, в окончательном варианте 05.02.2014.

Садыков Султан Сидыкович, доктор технических наук, Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 602264, Российская Федерация, Владимирская область, г. Муром, ул. Орловская, 23, e-mail: sadykovss@r4f.su

Терехин Андрей Викторович, аспирант, Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 602264, Российская Федерация, Владимирская область, г. Муром, ул. Орловская, 23, e-mail: terehin_murom@r4f.su

С целью уменьшения времени и повышения точности распознавания реальных объектов в работе исследуется эффективность алгоритмов предварительной классификации по признакам формы на примере плоских геометрических фигур. Такая задача является важным этапом в разработке систем автоматического распознавания (САР). Авторами предложен способ классификации геометрических фигур по их форме с использованием набора признаков, нормализованных определенным образом и имеющих общий диапазон значений. Классификация осуществляется на основе алгоритма вычисления диагональных признаков (коэффициентов). Рассмотренные в работе характеристики позволяют расширить возможности классификации выпуклых геометрических фигур с использованием прямоугольного коэффициента формы, диагонального коэффициента формы и коэффициентов диагональных отрезков. В качестве объектов для исследования алгоритма были использованы плоские геометрические фигуры, вписанные в квадрат. Среди них были выделены две основные группы – к первой относятся правильные фигуры, с четным количеством граней и круг, ко второй – неправильные фигуры, вписываемые в квадрат. В статье приведены формулы для вычисления коэффициентов (признаков формы); изображения, иллюстрирующие рассматриваемые детали фигур; таблицы с результатами экспериментальных автоматических (программных) и ручных вычислений. Вычислительными экспериментами подтверждено, что классификация тестовых наборов геометрических фигур на основе предложенных алгоритмов дает очень небольшие количества ошибок 1-го и 2-го родов. По результатам проведенного исследования предложено использовать разработанный алгоритм вычисления признаков формы и способ классификации в САР для распознавания изображений реальных объектов в том случае, когда проекции этих объектов на плоскость близки по форме к выпуклым геометрическим фигурам.

Ключевые слова: признак, форма, классификация, ошибки классификации, диагональный коэффициент формы, геометрические фигуры, системы автоматического распознавания

CLASSIFICATION OF GEOMETRIC FIGURES INCRIBED IN A SQUARE BY THEIR FORM USING DIAGONAL FORM FEATURES

Sadykov Sultan S., D.Sc. (Engineering), Murom Institute (branch) of Vladimir State University named after Alexander and Nicholay Stoletovs, 23 Orlovskaya St., Murom, Vladimir region, 602264, Russian Federation, e-mail: sadykovss@r4f.su

Terekhin Andrey V., post-graduate student, Murom Institute (branch) of Vladimir State University named after Alexander and Nicholay Stoletovs, 23 Orlovskaya St., Murom, Vladimir region, 602264, Russian Federation, e-mail: terehin_murom@r4f.su

In this paper, in order to reduce the time and improve the accuracy of real object recognition, we investigate the classification of geometric figures on the grounds of form. Such a problem is an important step in the development of automatic identification systems (AIS). A method for classification of geometric shapes according to their shape by using a set of characteristics, the normalized specific manner, and having a common specified range. Classification is based on an algorithm to compute the diagonal signs by which to classify all the figures were identifying with high probability. Factors considered in the work to empower the classification of convex geometric shapes using a rectangular shape factor, shape factor and the diagonal coefficients of the diagonal segments. As an example, were considered flat geometric shapes, inscribed in a square. There are two main groups among them – the first are regular polygons, with an even number of edges and circle, the second ones are not regular polygons, fits into a square. Formulas for calculating features and images for illustrating figures details are provided, tables of experimental automatic (program) and manual calculations are given. The study proposed to use and developed an algorithm for calculating form features and the classification method in recognizing AIS images of real objects, in the case where the projection of these objects on a plane close to the convex shape of geometric shapes.

Keywords: sign, form, classification, classification errors, diagonal form factor, geometric shapes, automatic identification systems

В настоящее время во многих областях промышленного производства, а также в различных исследованиях, все чаще используются системы автоматического распознавания (САР). В зависимости от конкретной решаемой задачи они различаются техническим оснащением. Однако их всех объединяет то, что для идентификации изображений объектов используются наборы признаков, предварительно преобразованных определенным образом [6, 7]. Конкретные значения или границы значений этих наборов признаков формируются (объединяются) в эталоны, используемые в рамках «решающих правил», применяемых при классификации объектов.

Целью данной работы было обоснование эффективности предлагаемого ниже способа (алгоритма) классификации геометрических фигур по их форме с использованием набора признаков, нормализованных определенным образом и имеющих общий диапазон значений.

Общая характеристика рассматриваемых задач распознавания. На практике при распознавании реальных объектов изображения их ортогональных проекций часто близки по форме к геометрическим фигурам. Поэтому возникает необходимость в разработке методов автоматизированного анализа таких фигур.

Предварительная классификация геометрических фигур по признакам формы с целью уменьшения времени и повышения точности окончательной классификации является важным этапом при разработке САР.

Многие объекты, распознаваемые современными САР, имеют проекции схожие (или близкие по форме) с выпуклыми геометрическими фигурами. Их предварительная классификация даст возможность отсеивать по форме проекции реальных объектов – путем сравнения с эталонными значениями. Это, в свою очередь, позволит при большой выборке объектов сократить временные затраты на дальнейшее распознавание.

Данную операцию можно осуществить с помощью геометрических признаков [5, 8] проекции объекта, таких как периметр, площадь, величина углов (кривизна). Однако иногда их оказывается недостаточно для классификации фигур, и тогда возникает задача добавления новых характеристик [3, 4].

Кроме того, для удобства распознавания набор используемых признаков целесообразно нормировать. Это связано с тем, что величины различных типов признаков могут значительно отличаться: одни из них могут иметь очень маленькие значения, другие – очень большие. Так как в цифровом виде изображения представляются в виде наборов пикселей, то и геометрические характеристики объектов, присутствующих на них, будут зависеть от размеров изображения. Отсюда и появляется необходимость в представлении признаков в виде безразмерных коэффициентов – это делает соответствующие признаки инвариантными к размерам классифицируемых изображений.

Конкретным примером возможности эффективного использования данного алгоритма является САР на конвейере – при сборке деталей трехмерных объектов. При этом для идентификации изображений деталей могут быть использованы их плоские проекции.

При помощи рассмотренных далее признаков формируются классы объектов (с использованием как готовых закономерностей в характеристиках, выявленных на плоских геометрических фигурах, так и конкретных значений для проекций трехмерных объектов произвольной формы). Такие классы при распознавании позволяют роботу-манипулятору автоматически определять тип найденной фигуры из числа перечисленных в инструкции по сборке.

Другими примерами использования алгоритмов для описываемой ниже САР могут быть: управление перемещением автономного подвижного робота на основе условных знаков, расположенных по маршруту движения; обеспечение реакций подвижных роботов на объекты с нанесенными на них условными знаками и пр.

Определения основных терминов. Для реализации поставленной задачи классификации геометрических фигур авторами были предложены прямоугольный и диагональный коэффициенты формы, а также коэффициенты диагональных отрезков.

Введем определения.

Прямоугольный коэффициент формы k_{np} (далее ПКФ) характеризует отношение меньшей стороны описанного вокруг фигуры прямоугольника к большей стороне [9, с. 66]. Данный признак может хорошо отсеивать фигуры по форме, исходя из их «вытянутости». Иными словами, классифицировать их на такие, которые можно «вписать» в квадрат, и на те, которые можно вписать в «прямоугольник». Область значений ПКФ находится в диапазоне (0; 1]:

$$k_{np} = 1, \text{ если } a = b, \quad (1)$$

$$k_{np} \rightarrow 0, \text{ если } a \gg b, \quad (2)$$

где a, b – длины сторон описанного вокруг фигуры прямоугольника.

Фигуры вписываются в прямоугольник (квадрат) таким образом, чтобы его площадь была минимально возможной. При этом, в случае необходимости, осуществляется предварительный поворот классифицируемого изображения – для минимизации площади прямоугольника (квадрата).

В данной работе речь пойдет только о первом типе фигур, т.е. о фигурах, которые можно вписать в квадраты.

Главная диагональ фигуры (максимальный отрезок) – это отрезок (рис. 1а – F'G (d)), соединяющий две точки контура фигуры и имеющий максимальную длину среди всех таких отрезков. Отметим, что для некоторых из фигур может быть несколько или даже бесконечно много таких отрезков.

Диагональный коэффициент k_d (далее ДКФ) – признак формы, вычисляемый как отношение длины стороны описанного квадрата и главной диагонали фигуры [9, с. 67].

Диагональные отрезки описанного квадрата – отрезки (рис. 1а – HN, HE, HM, HD), соединяющие центр описанного квадрата и его вершины [9].

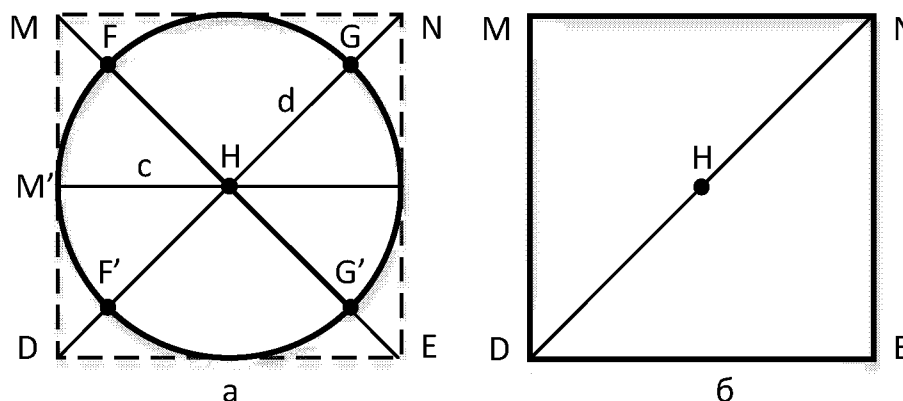


Рис. 1. Пример плоской геометрической фигуры, вписанной в квадрат

Диагональный отрезок фигуры – отрезок (рис. 1а – HG), лежащий на одной из диагоналей описанного вокруг нее квадрата и соединяющий центр фигуры с точкой пересечения ее контура и этой диагонали [9].

Коэффициенты диагональных отрезков $k_{до}$ – отношения длин диагональных отрезков фигуры к длинам соответствующих диагональных отрезков описанного вокруг нее квадрата (нумеруются против часовой стрелки, начиная с верхней правой вершины) [9, с. 67].

Алгоритм классификации фигур. На рис. 2 представлена блок-схема алгоритма классификации плоских геометрических фигур, предлагаемая авторами.

Пояснения к отдельным блокам алгоритма.

1. Находятся длина, ширина фигуры, длины диагональных отрезков по алгоритму, описанному в [8, с. 98].

2. Вычисляется прямоугольный коэффициент формы (рис. 2, блок 2) по формуле № 1, представленной в [9, с. 66].

3. Выполняется проверка значения ПКФ (рис. 2, блок 3).

Если $k_{np} = 1$, то фигуру можно вписать в квадрат. Далее выполняется II этап классификации (пункт 4 данного алгоритма).

Если $0 < k_{np} < 1$, то фигуру можно вписать в прямоугольник (данный случай будет рассмотрен в отдельной статье).

4. Вычисляются коэффициенты диагональных отрезков для классифицируемой фигуры (рис. 2, блок 5).

5. Выполняется проверка значения КДО (рис. 2, блок 6).

а) Если верно выражение:

$$k_{до1} = k_{до2} = k_{до3} = k_{до4}, \quad (3)$$

то фигура является правильной с четным количеством граней, либо кругом. Тогда выполняется четкая классификация (пункт 6 алгоритма).

В прямоугольном треугольнике MM'H (рис. 1а) длина катета M'H будет равна:

$$l_{MH}^2 = l_{M'H}^2 + l_{MM'}^2 = 2l_{M'H}^2, \quad l_{MH} = l_{M'H} \sqrt{2}. \quad (4)$$

Для круга (рис. 1а):

$$k_{до2} = \frac{l_{FH}}{l_{MH}}. \quad (5)$$

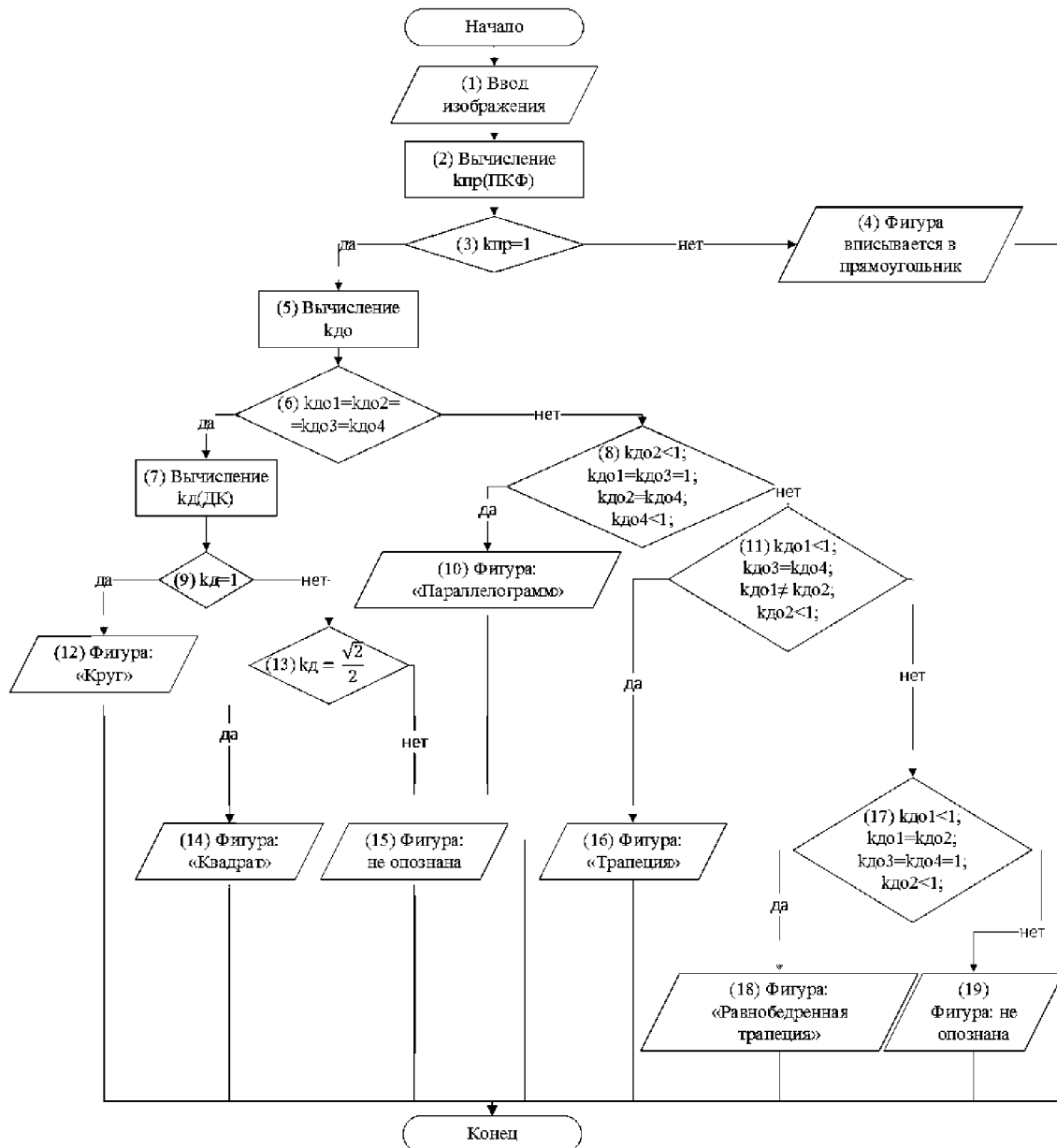


Рис. 2. Блок-схема алгоритма классификации плоских геометрических фигур

Так как FN и $M'H$ являются радиусами окружности с центром в точке H , то они равны. Следовательно:

$$k_{до2} = \frac{l_{M'H}}{l_{MH}} = \frac{l_{M'H}}{l_{M'H} \sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}, \quad (6)$$

В связи с тем, что в правильных фигурах диагональные отрезки равны, то для круга:

$$k_{до1} = k_{до2} = k_{до3} = k_{до4} = \frac{\sqrt{2}}{2}. \quad (7)$$

Для квадрата коэффициенты диагональных отрезков:

$$k_{ДО1} = k_{ДО2} = k_{ДО3} = k_{ДО4} = 1. \quad (8)$$

б) Если выражение (3) неверно, то фигура неправильная, либо правильная с нечетным количеством граней. Тогда выполняется как четкая, так и нечеткая классификация (пункт 7 алгоритма по рис. 2). В рамках нечеткой классификации необходимо проверять не просто неравенства, а учитывать и количественные отличия диагональных коэффициентов от эталонов.

Вариант алгоритма классификации правильных фигур с нечетным количеством граней относится к фигурам, вписываемым в прямоугольник (правильный треугольник, правильный пятигранник и др.), и будет, как уже отмечалось выше, рассмотрен в отдельной статье.

6. Диагонали фигуры, близкой по форме к кругу, будут равны между собой (диаметры). Следовательно, $k_D \approx 1$.

Если фигура близка по форме к квадрату, то главная диагональ будет гипотенузой **DN** в прямоугольном треугольнике **DNE**, а сторона квадрата по длине будет равна катету **DE** данного треугольника (рис. 1б). Если l_{DE} – длина стороны квадрата, а l_{DN} – длина главной диагонали фигуры, то

$$k_D = \frac{l_{DE}}{l_{DN}}. \quad (9)$$

В прямоугольном треугольнике **DNE**:

$$l_{DN}^2 = l_{DE}^2 + l_{DE}^2 = 2l_{DE}^2, \quad l_{DN} = l_{DE}\sqrt{2}. \quad (10)$$

Следовательно, для квадрата значение k_D :

$$k_D = \frac{l_{DE}}{l_{DN}} = \frac{l_{DE}}{l_{DE}\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}. \quad (11)$$

Если $k_D = 1$, т.е. главная диагональ фигуры и сторона описанного квадрата равны, то фигура является кругом (рис. 1а).

Таким образом:

а) если

$$k_D \rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2}, \quad (12)$$

то ДКФ описывают форму фигур, близких к квадрату;

б) если

$$k_D \rightarrow 1, \quad (13)$$

то ДКФ описывают форму фигур, близких к кругу.

7. Для распознавания неправильных фигур используются коэффициенты диагональных отрезков.

Для примера рассмотрим трапецию и параллелограмм, вписанные в квадрат (рис. 3).

Когда данные фигуры описываются квадратом минимально возможной площади, то их две противоположные грани располагаются на двух сторонах квадрата. Ориентация фигур в пространстве не имеет значения, так как в данном случае осуществляется нечеткая классификация и проверяются не просто неравенства, а учитываются и количественные отличия коэффициентов от эталонов.

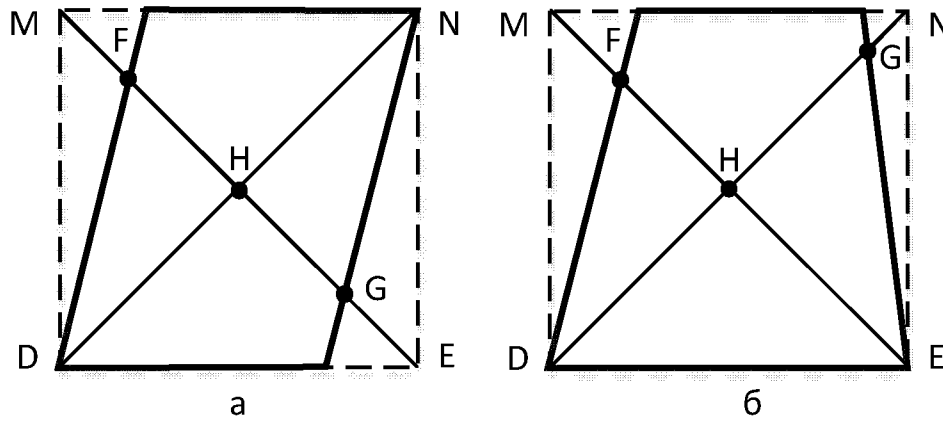


Рис. 3. Параллелограмм и трапеция, вписанные в квадрат

Для параллелограмма (рис. 3а) коэффициенты диагональных отрезков следующие:

$$k_{DO1} = \frac{l_{HN}}{l_{HN}} = 1, \quad (14)$$

$$k_{DO2} = \frac{l_{HF}}{l_{HM}} < 1, \quad (15)$$

$$k_{DO3} = \frac{l_{HD}}{l_{HD}} = 1, \quad (16)$$

$$k_{DO4} = \frac{l_{HG}}{l_{HE}} < 1. \quad (17)$$

Для трапеции (рис. 3б):

$$k_{DO1} = \frac{l_{HG}}{l_{HN}} < 1, \quad (18)$$

$$k_{DO2} = \frac{l_{HF}}{l_{HM}} < 1, \quad (19)$$

$$k_{DO3} = \frac{l_{HD}}{l_{HD}} = 1, \quad (20)$$

$$k_{DO4} = \frac{l_{HE}}{l_{HE}} = 1. \quad (21)$$

При $k_{DO1} = k_{DO2}$, $k_{DO3} = k_{DO4}$ трапеция будет равнобедренной.

Различия для фигур заключаются в следующем:

- в параллелограмме попарно равны коэффициенты противоположных диагональных отрезков;
- в равнобедренной трапеции попарно равны коэффициенты смежных диагональных отрезков;
- в произвольной трапеции всегда коэффициенты одной пары смежных диагональных отрезков равны между собой и имеют значение 1.

Исследование алгоритма на тестовых геометрических фигурах. По предложенному алгоритму были проведены исследования на тестовых геометрических фигурах. Целью исследований было экспериментальное подтверждение эффективности предложенных алгоритмов.

Всего было сгенерировано по 2000 экземпляров фигур (квадратов, кругов, трапеций и параллелограммов) со случайно выбранными параметрами, характеризующими их размеры и форму.

Результаты работы программы классификации фигур сведены в табл. 1.

Таблица 1

Вероятности распознавания фигур

Название	Вероятность правильного распозна- вания, %	Ошибки первого рода, %	Ошибки второго рода, %
Параллелограмм	98	1,79	0,21
Трапеция	97,4	1,83	0,77
Квадрат	99,31	0,69	0
Круг	99,56	0,44	0

Под ошибками первого рода в этой таблице понимаются ситуации, когда поданная на вход программы фигура была отнесена алгоритмом к неверному эталону (отвергается гипотеза о принадлежности к верному эталону), под ошибками второго рода – при распознавании ни один эталон не был выбран как правильный (принятие гипотезы о том, что среди эталонов нет нужного).

Средние значения коэффициентов, характеризующих форму фигур, которые были получены в результате работы программы генерации фигур, представлены в табл. 2.

Значения коэффициентов формы фигур, определенные с помощью математических вычислений, показаны в табл. 3.

В этих таблицах: «-» – не рассчитываемый для данной фигуры коэффициент; жирным шрифтом выделены значения, используемые при нечеткой классификации.

Таблица 2

**Значения признаков фигур, вычисленных
в результате работы программы генерации изображений**

Название	k_{np}	k_D	k_{DO1}	k_{DO2}	k_{DO3}	k_{DO4}
Параллелограмм	0,9973	-	0,9954	0,6356	0,9873	0,6288
Трапеция	0,9991	-	0,5537	0,7985	0,9887	0,9903
Квадрат	0,9997	0,7072	0,9899	0,9908	0,9877	0,9915
Круг	0,9989	0,9901	0,7035	0,7061	0,7021	0,7033

Таблица 3

**Эталонные значения коэффициентов формы фигур,
полученных с помощью математических вычислений**

Название	k_{np}	k_D	k_{DO1}	k_{DO2}	k_{DO3}	k_{DO4}
Параллелограмм	1	-	X1	Y1	X2	Y2
Трапеция	1	-	N1	N2	M1	M2
Квадрат	1	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	1	1	1	1
Круг	1	1	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$

Для параллелограмма в анализирующей программе проверяется равенство значений коэффициентов противоположных диагональных отрезков ($X1=X2$, $Y1=Y2$).

Для трапеции в той же программе проверяется равенство друг с другом коэффициентов смежных диагональных отрезков ($N1$ и $N2$, $M1$ и $M2$).

Предложенные выше *алгоритмы* – научные результаты авторов, потенциально позволяющие повысить эффективность использования САР, применения роботов и т.д. Однако по Гражданскому кодексу РФ собственно *алгоритмы* не являются объектами авторских прав [1]. С другой стороны, тексты *программ для ЭВМ*, реализующие эти алгоритмы, предметом таких прав быть могут – даже без их официальной регистрации в уполномоченном на это органе. Научные статьи с описанием *алгоритмов* по действующему законодательству также являются объектами авторских прав [2]. Роботизированные комплексы, использующие САР на основе описанных алгоритмов, по 4-ой части Гражданского кодекса РФ (гл. 77) могут рассматриваться как объекты «единых технологий».

Заключение. Итак, авторами были проведены исследования эффективности предложенных алгоритмов на сгенерированных фигурах со случайными значениями параметров, характеризующих их размеры и форму. При этом были экспериментально подтверждены рассчитанные математически диапазоны значений параметров для предложенных коэффициентов формы фигур. По результатам всех проведенных вычислительных экспериментов средняя вероятность правильного распознавания для четырех типов фигур составила 98,55 %.

В связи с этим можно считать, что предложенные в работе коэффициенты позволяют расширить возможности автоматической классификации выпуклых геометрических фигур с использованием прямоугольного коэффициента формы; диагонального коэффициента формы; коэффициентов диагональных отрезков.

Признаки фигур, предложенные авторами, можно использовать в САР при распознавании изображений реальных объектов [10–18], проекции на плоскость которых близки по форме к выпуклым геометрическим фигурам, вписанным в квадрат.

Список литературы

1. Брумштейн Ю. М. Разработки в сфере информационно-коммуникационных технологий. Особенности регулирования личных неимущественных прав автора / Ю. М. Брумштейн // Интеллектуальная собственность. Авторское право. – 2007. – № 11. – С. 27–38.
2. Брумштейн Ю. М. Программы для ЭВМ и связанные с ними объекты. Анализ понимания терминов в законодательстве и сфере информационных технологий / Ю. М. Брумштейн // Интеллектуальная собственность. Авторское право. – 2008. – № 10. – С. 26–38.
3. Грановская Р. М. Восприятие и признаки формы / Р. М. Грановская, И. Я. Березная, А. И. Григорьева. – Москва : Наука, 1981. – 208 с.
4. Горячев Н. В. Автоматизированный выбор системы охлаждения теплонагруженных элементов радиоэлектронных средств / Н. В. Горячев, И. Д. Граб, К. С. Петелин, В. А. Трусов, И. И. Кочегаров, Н. К. Юрков // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 4. – С. 136–143.
5. Граб И. Д. Анализ изображений объектов методом локальных сечений / И. Д. Граб, А. Л. Држевецкий, С. А. Држевецкий // Надежность и качество : тр. междунар. симп. – 2006. – С. 161–164.
6. Садыков С. С. Предварительная обработка изображений плоских объектов в системах технического зрения / С. С. Садыков, С. В. Савичева // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2012. – Т. 55, № 2. – С. 19–23.
7. Садыков С. С. Исследование алгоритма определения длины и ширины плоских объектов / С. С. Садыков, Д. Н. Стародубов // Надежность и качество : тр. междунар. симп. – 2009. – Т. 2. – С. 386–370.
8. Садыков С. С. Методы и алгоритмы выделения признаков объектов в системах технического зрения / С. С. Садыков, Н. Н. Стулов. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2005. – 204 с.
9. Терехин А. В. Метод описания эталонов трехмерных объектов по форме их проекций и признакам отверстий / А. В. Терехин // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2013. – № 23. – С. 65–71.

10. Терехин А. В. Распознавание и классификация не наложенных объектов методом морфологического водораздела по диагональным признакам формы / А. В. Терехин // Распознавание–2013 : сб. мат.-лов XI Междунар. науч.-техн. конф. – Курск, 2013. – С. 94–96.
11. Хоменко Т. В. Системоанализ автоматизированных систем поискового конструирования: концепция развития / Т. В. Хоменко, Т. В. Васильева // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2012. – № 3. – С. 76–83.
12. Юрков Н. К. Типовой маршрут проектирования печатной платы и структура проекта в САПР электроники Altium Design / Н. К. Юрков, Н. В. Горячев // Надежность и качество : тр. междунар. симп. – 2011. – Т. 2. – С. 120–122.
13. Юрков Н. К. Проектирование топологии односторонних печатных плат, содержащих проволочные или интегральные перемычки / Н. К. Юрков, Н. В. Горячев // Надежность и качество : тр. междунар. симп. – 2011. – Т. 2. – С. 122–124.
14. Ishkina E., Serge M. A bottom-up ontological approach for heterogeneous web services integration and their usage semantics representation. *Caspian Journal: Management and High Technologies*, 2012, no. 1, pp. 41–47.
15. Kim P. A., Pyatkin V. P., Rusin E. V. Three massively parallel algorithms for solving computational geometry problems by using euclidean distance transform. *Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications)*. – 2004. – Vol. 14, № 2. – С. 267–275.
16. Terekhin A. V. Identification of three-dimensional objects by computing estimates based on diagonal features of forms and octree models / A. V. Terekhin // *Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA-11-2013) : The 11-th International Conference*. – Samara : IPSI RAS, 2013. – Vol. 2. – P. 721–723.
17. Yurkov N. K. Measurement of the parameters of three-element nonresonance two-terminal networks at a fixed frequency / N. K. Yurkov, M. V. Klyuev, E. V. Isaev // *Measurement Techniques*. – N.Y. : Springer, 2013. – Vol. 55, issue 6. – P. 1267–1274.
18. Yurkov N. K. Systems of Coriolis flowmeters in the field / N. K. Yurkov, K. V. Gudkov, M. Yu. Mikheev, V. A. Yurmanov // *Measurement Techniques*. – N.Y., Springer, 2012. – Vol. 55, issue 6. – P. 132–139.

References

1. Brumshteyn Yu. M. Razrabotki v sfere informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologiy. Osobennosti regulirovaniya lichnykh neimushchestvennykh prav avtora [Developments in information and communication technologies. Peculiarities of regulation of the moral rights of the author]. *Intellektualnaya sobstvennost. Avtorskoe pravo* [Intellectual Property. Copyright], 2007, no. 11, pp. 27–38.
2. Brumshteyn Yu. M. Programmy dlya EVM i svyazannye s nimi obekty. Analiz ponimaniya terminov v zakonodatelstve i sfere informatsionnykh tekhnologiy [Computer programs and related facilities. Analysis of understanding of the terms in the legislation and information technology]. *Intellektualnaya sobstvennost. Avtorskoe pravo* [Intellectual Property. Copyright], 2008, no. 10, pp. 26–38.
3. Granovskaya R. M., Bereznaya I. Ya., Grigoreva A. I. *Vospriyatie i priznaki formy* [Perception and signs of form]. Moscow, Nauka, 1981. 208 p.
4. Goryachev N. V., Grab I. D., Petelin K. S., Trusov V. A., Kochegarov I. I., Yurkov N. K. Avtomatizirovannyi vybor sistemy okhlazhdeniya teplonagruzhennykh elementov radioelektronnykh sredstv [Automated selection of cooling system of thermally loaded elements of radioelectronic facilities]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2013, no. 4, pp. 136–143.
5. Grab I. D., Drzhevetskiy A. L., Drzhevetskiy S. A. Analiz izobrazheniy obektov metodom lokalnykh secheniy [Analysis of the images of objects by local sections]. *Nadezhnost i kachestvo: trudy mezhdunarodnogo simpoziuma* [Reliability and Quality: Proceedings of the International Symposium], 2006, pp. 161–164.
6. Sadykov S. S., Savicheva S. V. Predvaritelnaya obrabotka izobrazheniy ploskikh obektov v sistemakh tekhnicheskogo zreniya [Pretreatment of images of flat objects in vision systems]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroenie* [News of Higher Educational Institutions. Instrument Engineering], 2012, no. 55, no. 2, pp. 19–23.
7. Sadykov S. S., Starodubov D. N. Issledovanie algoritma opredeleniya dliny i shiriny ploskikh obektov [Studying the algorithm for determining the length and width of flat objects]. *Nadezhnost i kachestvo:*

trudy mezhdunarodnogo simpoziuma [Reliability and Quality: Proceedings of the International Symposium], 2009, vol. 2, pp. 386–370.

8. Sadykov S. S., Stulov N. N. *Metody i algoritmy vydeleniya priznakov obektov v sistemakh tekhnicheskogo zreniya* [Methods and algorithms for feature extraction of objects in computer vision systems]. Moscow, Goryachaya liniya – Telekom, 2005. 204 p.

9. Terekhin A. V. Metod opisaniya etalonov trekhmernykh obektov po forme ikh proektsiy i priznakam otverstiy [A method of describing standards three-dimensional objects in the form of their projections and featured holes]. *Algoritmy, metody i sistemy obrabotki dannykh* [Algorithms, Methods and Data Processing Systems], 2013, no. 23, pp. 65–71.

10. Terekhin A. V. Raspoznavanie i klassifikatsiya ne nalozhennykh obektov metodom morfologicheskogo vodorazdela po diagonalnym priznakam formy .[Recognition and classification of not imposed objects by morphological watershed featured diagonal form]. *Raspoznavanie–2013: sbornik materialov XI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Recognition–2013: Proceedings of the XI International Scientific-Engineering Conference]. Kursk, 2013, pp. 94–96.

11. Khomenko T. V., Vasileva T. V. Sistemoanaliz avtomatizirovannykh sistem poiskovogo konstruirovaniya: kontseptsiya razvitiya [Systemoanalysis of automated systems of search design: the concept of development]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2012, no. 3, pp. 76–83.

12. Yurkov N. K., Goryachev N. V. Tipovoy marshrut proektirovaniya pechatnoy platy i struktura proekta v SAPR elektroniki Altium Design [Typical route of PCB design and structure of the project in Altium Design CAD system]. *Nadezhnost i kachestvo: trudy mezhdunarodnogo simpoziuma* [Reliability and Quality: Proceedings of the International Symposium], 2011, vol. 2, pp. 120–122.

13. Yurkov N. K., Goryachev N. V. Proektirovanie topologii odносторонnikh pechatnykh plat, soderzhashchikh provolochnye ili integralnye peremychki [Design of topology of one-sided printed circuit boards containing jumper wire or integral]. *Nadezhnost i kachestvo: trudy mezhdunarodnogo simpoziuma* [Reliability and Quality: Proceedings of the International Symposium], 2011, vol. 2, pp. 122–124.

14. Ishkina E., Serge M. A bottom-up ontological approach for heterogeneous web services integration and their usage semantics representation [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2012, no. 1, pp. 41–47.

15. Kim P. A., Pyatkin V. P., Rusin E. V. Three massively parallel algorithms for solving computational geometry problems by using euclidean distance transform. *Pattern Recognition and Image Analysis. (Advances in Mathematical Theory and Applications)*, 2004, vol. 14, no. 2, pp. 267–275.

16. Terekhin A. V. Identification of three-dimensional objects by computing estimates based on diagonal features of forms and octree models. *Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA-11-2013): The 11-th International Conference*. Samara, 2013, vol. 2, pp. 721–723.

17. Yurkov N. K., Klyuev M. V., Isaev E. V. Measurement of the parameters of three-element non-resonance two-terminal networks at a fixed frequency. *Measurement Techniques*. N.Y., Springer, 2013, vol. 55, issue 6, pp. 1267–1274.

18. Yurkov N. K., Gudkov K. V., Mikheev M. Yu., Yurmanov V. A. Systems of Coriolis flowmeters in the field. *Measurement Techniques*. N.Y., Springer, 2012, vol. 55, issue 6, pp. 132–139.