

С.С. САДЫКОВ,
С.В. САВИЧЕВА,
А.С. ВЕДЕНИН

**Экспериментальное исследование
алгоритма идентификации
наложенных объектов на основе
алгоритмов трансформации
контура и α -функции**

УДК 004.932.2

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»

Приведен сравнительный анализ алгоритмов, позволяющих производить идентификацию двух наложенных плоских объектов с использованием трансформации контура и значений α -функции

The comparative analysis of the algorithms is resulted, allowing to make identification of two imposed flat objects with use of transformation of a contour and values α – functions

На современном этапе развития информационных технологий все более широкое распространение получают системы технического зрения (СТЗ). Основное назначение подобных систем состоит в дополнении или даже замене человека в областях деятельности, связанных со сбором и анализом зрительной информации. К числу таких операций можно отнести комплектацию и сортировку компонент для сборки, контроль и отбраковку деталей и изделий по внешнему виду и другие [1].

На практике при использовании СТЗ возможны ситуации, когда распознаваемые объекты расположены как по отдельности, так и в совокупности. Для распознавания одиночных и отдельных (изолированных друг от друга) объектов используются несложные алгоритмы, которые решают данную задачу с высокой степенью достоверности [2-9].

Как правило, основные трудности возникают при распознавании наложенных объектов, поскольку при наложении один плоский

объект закрывает часть другого объекта. Поэтому задача разработки алгоритмов идентификации наложенных плоских объектов является актуальной.

Ниже предлагаются алгоритмы идентификации наложенных объектов на основе трансформации контура и формирования α -функции.

Алгоритм 1. Идентификация на основе трансформации контура

Алгоритм идентификации состоит из следующих этапов:

1. Приведение бинарных изображений объектов к исходному положению. Для этого:

а) вычисляется центр тяжести бинарного изображения объекта;

б) осуществляется совмещение центра тяжести бинарного изображения объекта с центром поля зрения СТЗ;

в) определяется линия длины объекта, соединяющая максимально удаленные друг от друга две точки бинарного изображения объекта;

г) вычисляется угол наклона линии длины объекта к горизонтали;

д) бинарное изображение объекта поворачивается вокруг центра тяжести на вычисленный угол наклона так, чтобы линия длины объекта совпала с горизонтальной линией.

2. Выделение одноточечных безразрывных контуров изображений объектов.

3. Идентификация наложенных объектов путем трансформации контуров.

Этап 1 и 2 реализуются с использованием алгоритмов, приведенных в работах в [3-8].

Идентификация наложенных объектов путем трансформации контуров.

В процессе обучения в память СТЗ заносятся эталоны исходных плоских объектов. При идентификации осуществляется сравнение контуров наложенных (неизвестных) объектов со всеми контурами эталонов на основе следующего алгоритма.

Обозначим \mathcal{E} – эталон, O – наложенный объект, $K_{\mathcal{E}}$ – контур эталона, K_O – контур объекта (рис. 1).

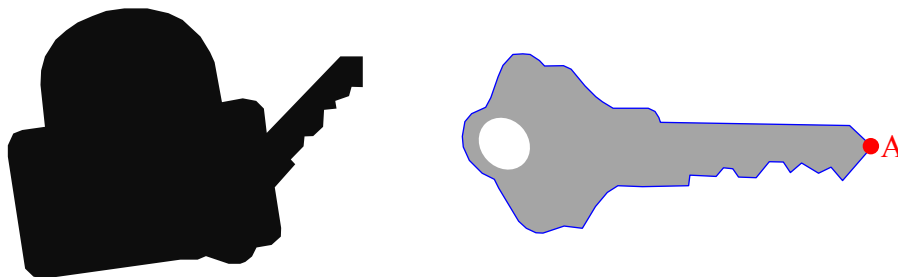
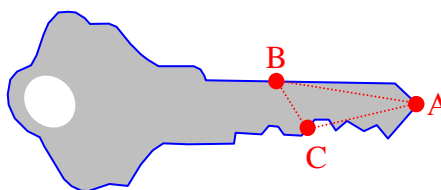


Рис. 1. Исходные объект и эталон

Алгоритм трансформации состоит в следующем:

1. Последовательно рассматривается каждая точка контура эталона Э.

Пусть A – текущая точка. Отложим от точки A в противоположные стороны два участка. Конечную точку левого участка обозначим B , конечную точку правого участка C . Соединив точки A , B и C получим треугольник ABC (рис. 2).

Рис. 2. Формирование треугольника ABC

2. Вычисляются длины сторон треугольника AB , BC и AC на основе следующих формул:

$$\begin{aligned}
 AB &= \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2} \\
 BC &= \sqrt{(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2}, \\
 AC &= \sqrt{(x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2}
 \end{aligned} \tag{1}$$

где (x_A, y_A) , (x_B, y_B) , (x_C, y_C) – координаты точек A , B и C данного треугольника ABC .

3. На контуре объекта O находятся такие точки A' , B' и C' для которых выполняется соотношение:

$$\frac{A'B'}{AB} \approx \frac{A'C'}{AC} \approx \frac{B'C'}{BC}, \tag{2}$$

т.е. находим на контуре O объекта три точки, которые бы составляли треугольник $A'B'C'$, подобный треугольнику ABC на контуре эталона (рис. 3).

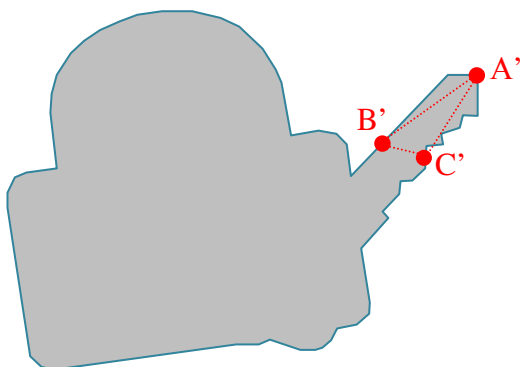


Рис. 3. Нахождение на контуре составного объекта треугольника $A'B'C'$, подобного треугольнику ABC на контуре эталона

Для нахождения данных точек используется последовательный перебор всех точек.

4. Контур эталона \mathcal{E} трансформируется, таким образом, чтобы точки A, B, C и $A'B'C'$ совпали (рис. 4). Для этого выполняются аффинные преобразования:

$$\begin{aligned} x' &= x \cos(\varphi) - y \sin(\varphi) \\ y' &= x \sin(\varphi) + y \cos(\varphi) \end{aligned} \quad (3)$$

где (x', y') – новые координаты точки; (x, y) – исходные координаты точки, φ – угол поворота.

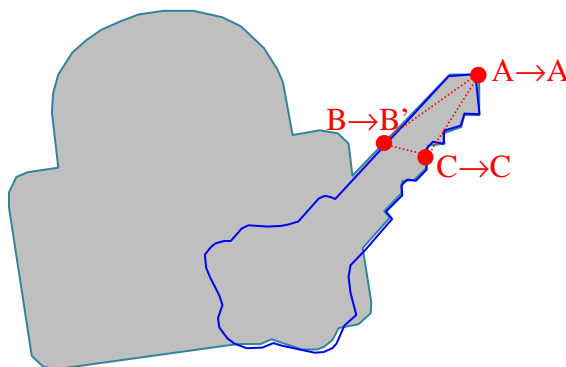


Рис. 4. Совмещение контуров эталона и составного объекта в точках $ABC-A'B'C'$. Получение трансформированного эталона

5. Вычисляется длина контура трансформированного эталона L_3 и находятся участки, в которых контур трансформированного эталона является близок к контуру объекта O , а в которых удален.

Пусть \mathcal{E}_i – точки трансформированного эталона ($i=1, \dots, N$).
Тогда

$$\begin{cases} \text{если } L_i \leq \Delta \text{ то } L_{\text{близ}} = \sum_{i=1}^N \mathcal{E}_i \\ \text{если } L_i > \Delta \text{ то } L_{\text{удал}} = \sum_{i=1}^N \mathcal{E}_i \end{cases}, \quad (4)$$

где L_i – расстояние от контура объекта O до точки \mathcal{E}_i ;

$L_{\text{удал}}$ – суммарная длина удаленных участков;

$L_{\text{близ}}$ – суммарная длина близких участков;

Δ – установленный порог;

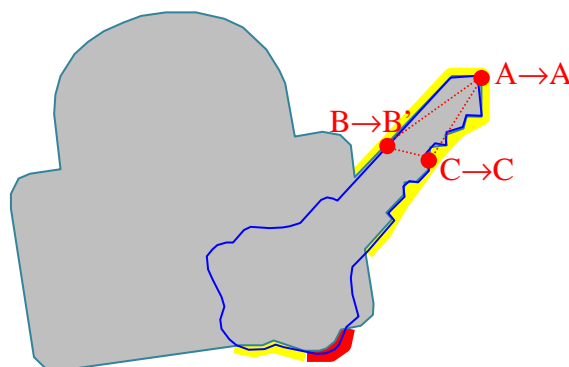


Рис. 5. Выделение участков, в которых контур эталона близок к контуру объекта

6. Принимается решение о несовпадении объекта O с эталоном \mathcal{E} (рис. 6).

$$\begin{cases} \text{если } L_{\text{удал}} > 1/8L_o, \text{ то } ABC \neq A'B'C' \\ \text{если } L_{\text{близ}} < 1/4L_o, \text{ то } ABC \neq A'B'C' \end{cases} \quad (5)$$

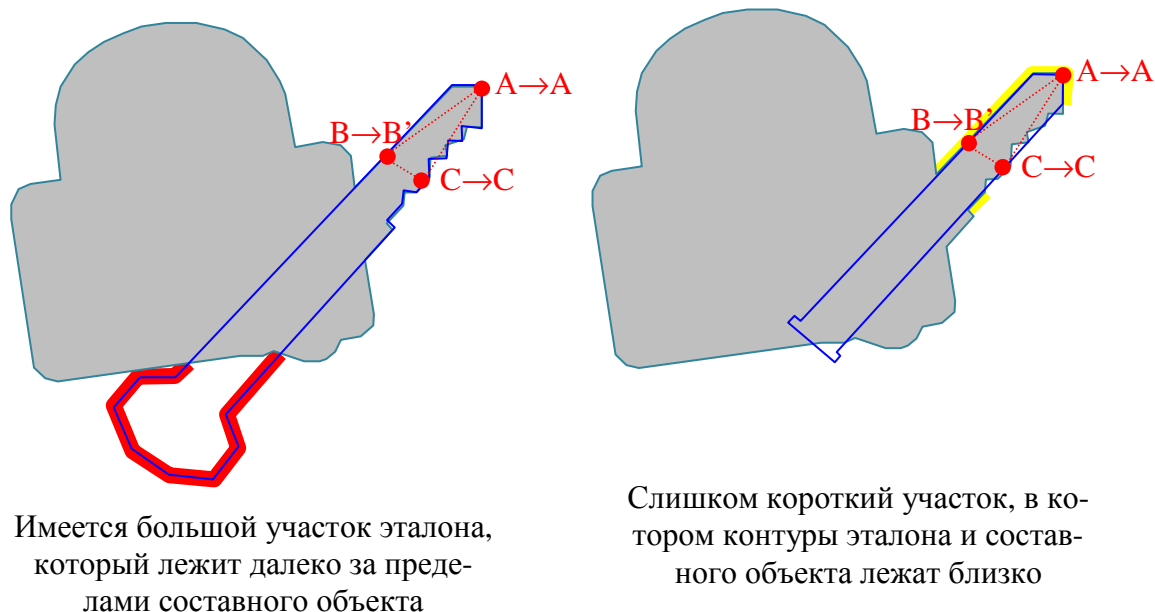


Рис. 6. Сравнение с эталоном, не совпадающим в выбранных точках $A'B'C'$ (для наглядной иллюстрации выбран другой эталон, которого заведомо нет в составном объекте, но который похож по форме на часть объекта)

7. Определяется процент наложения объектов:

$$P = \left(1 - \frac{L_{\text{близ}}}{L}\right) * 100\% \quad (6)$$

8. Выделяются, найденные в п. 5, участки как идентифицированные и в дальнейшем анализе не используются.

За точку A принимается следующая точка в контуре эталона \mathcal{E} и повторяются аналогичные действия по вышеописанному алгоритму.

Алгоритм 2. Идентификация на основе α -функции

Аналогичен алгоритму 1, описанному с статье «Сравнение алгоритмов распознавания наложенных объектов на основе α -функции и на основе особых участков» данного журнала.

Экспериментальные исследования

Возможность идентификации наложенных плоских объектов на основе предложенных алгоритмов была проверена на выборках, состоящих их 2000 изображений для каждого сочетания исходных объектов. Часть из этих объектов приведена на рис. 7, 8.

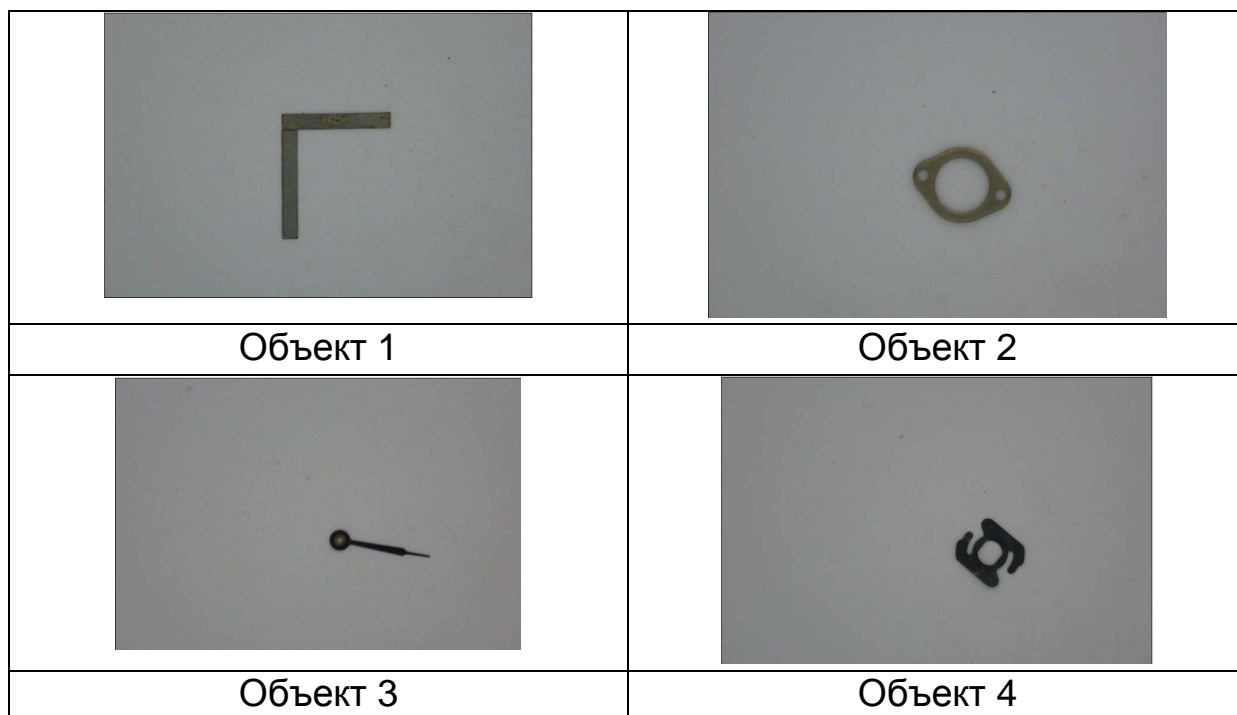


Рис. 7. Исходные объекты

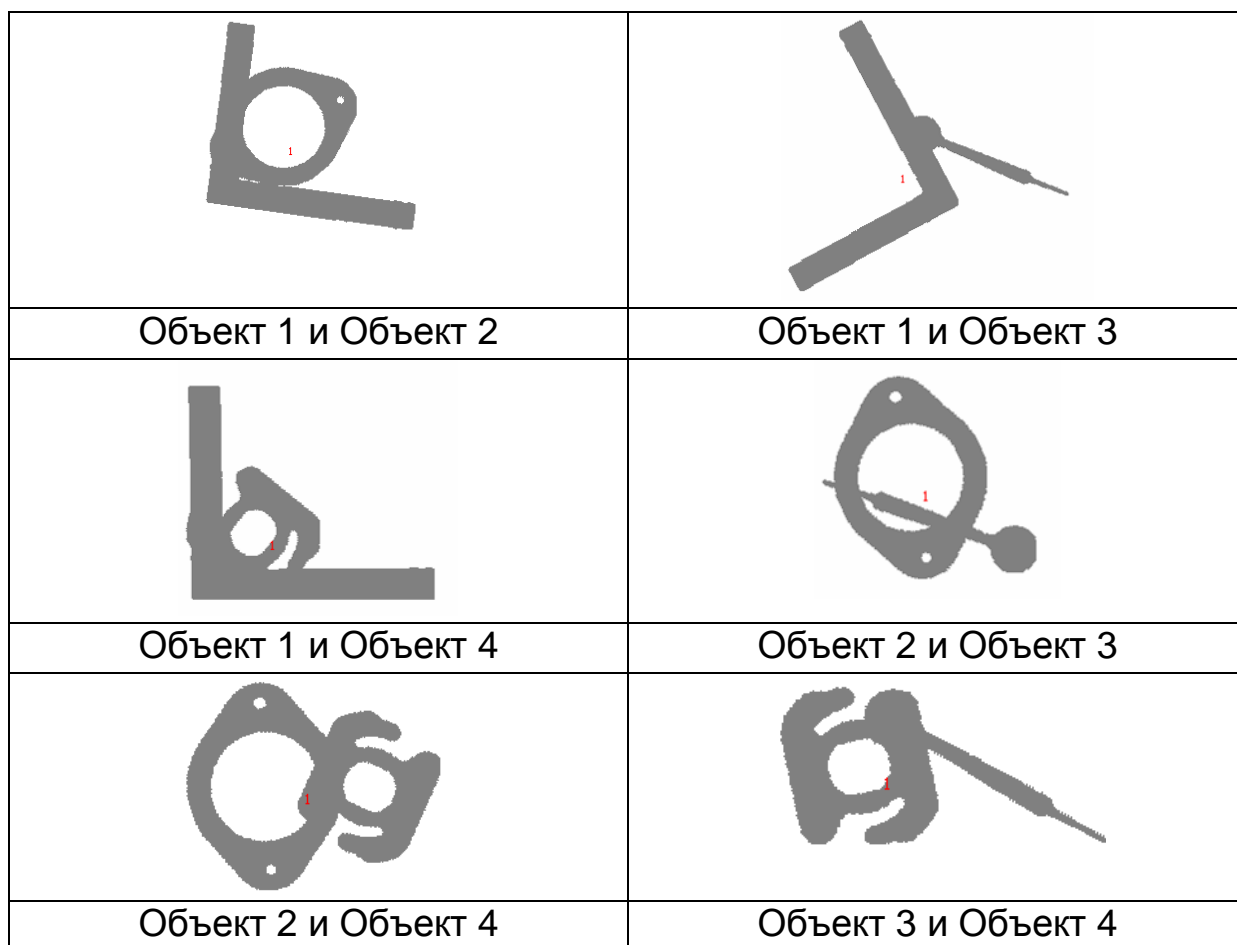


Рис. 8. Примеры сочетаний исходных объектов

В таблице 1 приведены результаты идентификации для каждого сочетания объектов по предложенным алгоритмам.

Таблица 1

Результаты идентификации

Сочетания объектов	Число испытаний	Количество ошибок		Относительная ошибка распознавания, %	
		Алгоритм 1	Алгоритм 2	Алгоритм 1	Алгоритм 2
Объект 1 и Объект 2	2000	0	10	0	0,5
Объект 1 и Объект 3	2000	1	12	0,05	0,6
Объект 1 и Объект 4	2000	11	29	0,55	1,45
Объект 2 и Объект 3	2000	12	24	0,6	1,2
Объект 2 и Объект 4	2000	0	5	0	0,25
Объект 3 и Объект 4	2000	2	14	0,1	0,7

Выводы:

Показана возможность идентификации наложенных реальных плоских объектов с использованием двух алгоритмов:

- путем трансформации контура;
- с использованием значений α -функции.

Сравнение алгоритмов проводилось по двум параметрам:

- по точности идентификации;
- по времени работы.

В результате проведенных экспериментальных исследований наилучшее качество идентификации показал алгоритм 2. Как видно из таблицы 1, максимальная относительная ошибка распознавания для данного алгоритма не превосходит 1%, в то время как для алгоритма 1 она составляет около 2%.

По времени идентификации алгоритм 2 лучше, чем алгоритм 1. На идентификацию одного наложенного объекта по формированию α -функции затрачивается примерно 16,665 мс, в то время как на идентификацию путем трансформации контура – 25,884 мс.

Литература

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер с англ. – М.: Мир, 1982, 788 с.: ил.
2. Садыков С.С., Стародубов Д.Н. Алгоритмы определения длины и ширины дискретных площадных объектов. //Автоматизация и современные технологии. 2007. №10. С.10-15.

3. Садыков С.С., Савичева С.В. «Алгоритм идентификации плоских объектов с использованием минимального числа признаков» //Автоматизация и современные технологии, 2011. № 7. С. 3-6.

4. Садыков С.С., Савичева С.В. «Идентификация реальных плоских объектов на основе единственного признака точек их внешних контуров», //Информационные технологии, 2011. №8. С.13-16.

5. Савичева С.В. Экспериментальное исследование алгоритма идентификации плоских объектов. Алгоритмы, методы и системы обработки данных: Сборник научных трудов. Выпуск 15 – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2010. С. 153-160.

6. Садыков С.С., Савичева С.В. «Идентификация реальных плоских объектов на основе их сигнатуры», // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2012. №1. С. 17-20.

7. Садыков С.С., Савичева С.В. «Исследование наложенности плоских объектов в поле зрения СТЗ», //Приборостроение, 2012. №2. С. 14-19.

8. Садыков С.С., Савичева С.В. «Предварительная обработка изображений плоских объектов в системах технического зрения», //Приборостроение, 2012. №2. С. 19-24.

9. Садыков С.С., Савичева С.В. «Алгоритм идентификации реальных плоских объектов с использованием значений их г-функций», Надежность и качество-2011. Труды Международного симпозиума/ Под ред. Юркова. – Пенза: Изд-во Пенз. Гос. ун-та., 2011. С.123-127.

E-MAIL: SAVICHEVA.SVETLANA@GMAIL.COM

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:
Д.Т.Н., ПРОФЕССОР САДЫКОВ С.С.