

С.С. САДЫКОВ,  
С.В. САВИЧЕВА,  
В.А. КОМКОВ

**Сравнение алгоритмов  
распознавания наложенных  
объектов на основе  $\alpha$ -функции и на  
основе особых участков**

УДК 004.932.2

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

*Приведено экспериментальное исследование идентификации двух наложенных плоских объектов на основе  $\alpha$ -функции и особых участков.*

*The experimental research of identification of two imposed flat objects on a basis  $\alpha$  - function and special sites is resulted.*

В промышленности в настоящее время активно внедряются системы, способные частично или полностью заменить человека при анализе зрительной информации. Важной производственной задачей, требующей использования подобных систем, является автоматизация операций на открытых конвейерах. К числу таких задач относятся: распознавание деталей, расположенных произвольным образом на конвейере, ориентированный перенос распознанных заготовок с конвейера в поддоны или передача их на станок с ЧПУ, контроль и комплектация деталей для сборки и многие другие [1].

Основной особенностью этих операций является то, что объекты могут транспортироваться по горизонтальной ленте конвейера либо штучно, либо партиями. Задачей СТЗ в таком случае является: определение параметров положения объектов, их распознавание и передача управления роботу для захвата и дальнейшего манипулирования.

Данная статья посвящена разработке и сравнению алгоритмов, позволяющих идентифицировать наложенные плоские объекты, расположенные в поле зрения СТЗ, например, на конвейере.

Исходными данными для алгоритмов являются изображения реальных объектов и сгенерированные на их основе наложенные объекты. Часть приведена на рис. 1.






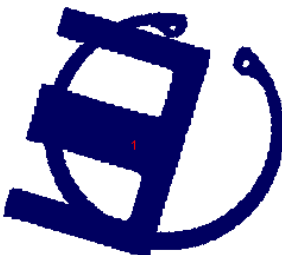
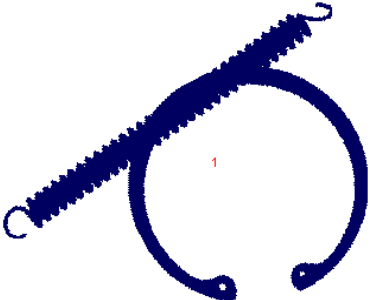
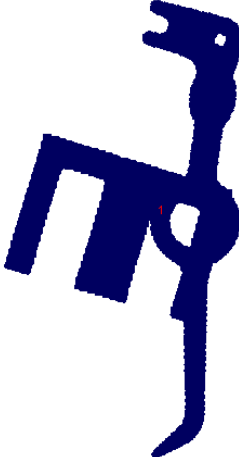
<b>Исходные объекты</b>	
	
Объект 1	Объект 2
	
Объект 3	Объект 4
<b>Сгенерированные наложенные объекты</b>	
	
Объект 2 и Объект 4	Объект 1 и Объект 2
	
Объект 1 и Объект 3	Объект 2 и Объект 4

Рис. 1. Исходные объекты и примеры их наложения

### Алгоритм 1. Идентификация на основе $\alpha$ -функции

Алгоритм идентификации состоит из следующих этапов:

1. Предварительная обработка изображения, с использованием способов, рассмотренных в [2].
2. Выделение безразрывного внешнего контура бинарного изображения объекта по алгоритму, описанному в [2].
3. Вычисление значения кривизны  $\alpha$  в каждой точке контура и формирование  $\alpha$ -функции объекта, на основе алгоритма, описанного в [3-9].
4. Идентификация наложенных объектов путем сравнения  $\alpha$ -функций.

#### **Идентификация наложенных объектов путем сравнения $\alpha$ -функций**

На этапе обучения в память СТЗ заносятся  $\alpha$ -функции эталонов. При идентификации неизвестного объекта осуществляется сравнение со всеми  $\alpha$ -функциями эталонов на основе следующего алгоритма.

Обозначим  $\alpha_k(\alpha_{эм})$  –  $\alpha$ -функцию эталонов, а  $O_k(\alpha_{сн})$  –  $\alpha$ -функцию сложного объекта. Задача состоит в определении какие два объекта наложены и где границы этих объектов. Для этого, начиная с первой точки обхода контура, значения  $\alpha$ -функции наложенного объекта сравниваются со значениями  $\alpha$ -функции эталонов по следующей формуле:

$$\Delta_{kl} = \frac{1}{n} \sum_{i=n}^{n+m} |\alpha_{эми} - \alpha_{снi}| \quad (1)$$

$\Delta_{kl}$  – сумма абсолютных величин отклонений значений кривизны точек эталонного и неизвестного объектов

$n$  – число точек контура объекта, то есть количество значений кривизны объекта;

$k$  – номер эталонного объекта ( $k = 1 \dots M$ );

$l$  – номер экзаменационного объекта ( $l = 1 \dots P$ ).

Рассчитанные по каждой паре  $kl$  значения  $\Delta_{kl}$  заносятся в таблицу 1.

Значения элементов каждого столбца таблицы 1 является результатом сравнения неизвестных объектов с одним из эталонов.

Идентификация неизвестного объекта  $l$  при заданном множестве эталонов и экзаменационных объектов осуществляется на ос-

нове минимального значения суммарного отклонения  $\Delta_{kl}$  по таблице 1, то есть определяется:

$$\min_k \Delta_{kl} = \min_l \{ \min_l Z_{kl} \}, \quad (2)$$

где  $\min_k$  – означает выбор минимального значения  $\Delta_{kl}$  среди всех  $\Delta_{kl}$  при  $k=1\dots N$  и постоянном  $l$ ;

$\min_l \Delta_{kl}$  – означает выбор минимального значения  $Z_{kl}$  среди всех  $\Delta_{kl}$  при  $l=1\dots P$  и постоянном  $k$ .

Таблица 1

	Эталон 1	Эталон 2	...	Эталон N
Наложённый объект 1	$\Delta_{11}$	$\Delta_{12}$	...	$\Delta_{1N}$
Наложённый объект 2	$\Delta_{21}$	$\Delta_{22}$	...	$\Delta_{2N}$
...	...	...	...	...
Наложённый объект P	$\Delta_{P1}$	$\Delta_{P2}$	...	$\Delta_{PN}$

### Алгоритм 2. Идентификация на основе сравнения особых участков

Предлагаемый алгоритм состоит из следующих этапов:

1. Этапы 1-3 аналогичны вышеописанному алгоритму.
2. На основе значений кривизны  $\alpha$  на контуре наложенного объекта выделяются особые участки.

Под особым участком понимается участок контура объекта с наибольшей степенью характеризующий данный объект и соответствующий максимальным значениям кривизны.

3. Идентификация наложенных объектов на основе сравнения кривизны на особых участках.

Обозначим  $\alpha_k(\alpha_{эм})$  – значения кривизны особых участков эталонов, а  $\alpha_k(\alpha_{сл})$  – значения кривизны особых участков сложного объекта. Для идентификации, начиная с первой точки обхода контура, значения кривизны особых участков эталонов сравниваются значения кривизны особых участков сложного объекта по формуле 1.

Рассчитанные по каждой паре  $kl$  значения  $\Delta_{kl}$  заносятся в таблицу 1.

Значения элементов каждого столбца таблицы 1 является результатом сравнения неизвестных объектов с одним из эталонов.

Решение об идентификации неизвестного объекта / при заданном множестве эталонов и экзаменационных объектов осуществляется на основе минимального значения суммарного отклонения  $\Delta_{kl}$  по таблице 1, определяется по формуле 8.

### 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. 1, 2.

В таблице 2 приведены результаты идентификации для каждого сочетания объектов по предложенным алгоритмам.

Таблица 2

#### 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	11	0	0.55
Объект 1 и Объект 3	2000	0	4	0	0.2
Объект 1 и Объект 4	2000	0	0	0	0
Объект 2 и Объект 3	2000	2	20	0.1	1
Объект 2 и Объект 4	2000	12	31	0.6	1.6
Объект 3 и Объект 4	2000	0	19	0	0.55

#### Вывод:

В результате проведенных экспериментальных исследований может быть сделан вывод, что наилучшие результаты идентификации дает алгоритм 1, основанный на формировании  $\alpha$ -функции наложенного объекта и сравнении ее с  $\alpha$ -функциями эталонов. Это связано с тем, что данный алгоритм использует большее количество информации об объекте, поскольку анализирует все точки объекта, в то время как алгоритм 2 работает лишь с отдельными (особыми) участками объекта. Как видно из таблицы 2, максимальная

относительная ошибка распознавания для алгоритма 1 не превосходит 1%, а для алгоритма 2 она составляет примерно 2%.

По времени идентификации алгоритм 2 лучше, чем алгоритм 1. На идентификацию одного наложенного объекта по формированию  $\alpha$ -функции затрачивается примерно 16,665 мс, в то время как на идентификацию по особым участкам – 2,362 мс.

### Литература

1. *Л. Шапиро*. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман; Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
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  $g$ -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](mailto:SAVICHEVA.SVETLANA@GMAIL.COM)

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