

文章编号 1004-924X(2014)07-1976-08

## 基于多级定向执行长度编码快速识别物体特征

王欢欢<sup>1\*</sup>, 卞越新<sup>2</sup>, 王向军<sup>2</sup>

(1. 天津科技大学 机械工程学院, 天津 300222)

2. 天津大学 微光机电系统技术教育部重点实验室, 天津 300072)

**摘要:**提出了一种新的快速物体检测与识别方法,用于检测和识别在运动过程中图像尺寸不断变化的物体。该方法基于多级定向执行长度编码法(MORLC)生成一种新的多级字节编码和物体特征样本形式,其属于字符数据样本,具有数据量小、占用存储空间少、构造过程简单、可根据不同的应用需求选择不同级次的样本形式等特点。对 MORLC 方法中二级字节编码和样本的系统理论进行了分析,给出了利用 MORLC 二级字节编码和样本检测 and 识别运动物体的实验数据。对静态背景中的行人及位置进行了检测和识别实验,结果显示多级字节编码和物体特征样本形式匹配处理速度快,匹配和识别的鲁棒性好,不易产生错误匹配。该方法特别适用于场景中由于被探测物体运动产生投影图像比例发生变化的情况,即对图像大小不敏感。该方法的另一个突出优点是高的执行处理效率。

**关键词:**产品分类;特征检测;特征识别;图像编码

**中图分类号:**TP391 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/OPE.20142207.1976

## Fast test and recognition of object characters based on multilevel orientation run length coding

WANG Huan-huan<sup>1\*</sup>, BIAN Yue-xin<sup>2</sup>, WANG Xiang-jun<sup>2</sup>

(1. College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China;

2. Key Laboratory of MOEMS of the Ministry of Education, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

\* Corresponding author, E-mail: whh088@hotmail.com

**Abstract:** A new rapid detection and recognition method was proposed for those objects whose image sizes would change in movement processing. Based on Multilevel Orientation Run Length Coding (MORLC) method, the method can generate a new multilevel byte code and object feature templet forms. It is a byte coding and templets and characterized by smaller data amounts, smaller storage addresses, easy constructing, and can choose different classes of sample forms. According to different application requirements, two level byte code in MORLC method and system theory of templets were analyzed, and the experimental data from detection and recognition of moving objects using MORLC two level byte code were given. A detection and recognition experiment on a pedestrian and its position in a static background was performed. The experimental results show that the multilevel byte

**收稿日期:**2014-04-22; **修订日期:**2014-05-15.

**基金项目:**国家教育部支撑项目(No. 625010110);天津科技大学引进人才科研启动基金资助项目(No. 201304003);微光机电系统技术教育部重点实验室(天津大学)开放基金资助项目(No. KF2K131001)

code and object feature matching templet form have higher processing speeds, robust matching and identification, and not easily get wrong matching. This method is especially suitable for changed images caused by detecting object movement in the scene projection, which means it is not sensitive to image sizes. Another advantage of this method is high processing efficiency.

**Key words:** product classification; character inspection; character recognition; image coding

## 1 引言

样本匹配方法被广泛应用在图像识别中,实际应用要求不同,采用的匹配处理算法也不同。常用的匹配处理方法可分为以下几类:第一类方法是在复杂的卷积处理方法的基础上发展起来的,它利用物体影像的灰度信息或边缘信息进行相关处理来探测物体的任意二维图像<sup>[1-3]</sup>。另一类场景匹配常用方法是基于物体影像的不变转动惯量得到的<sup>[4-6]</sup>,不变转动惯量法从二维图像中提取图像的特征信息非常有效,这是因为物体的转动惯量是不随图像的位置,尺寸和方向的变化而变化的。另外较典型的算法是基于多尺度加速鲁棒特征(Speed-Up Robust Feature, SURF)分块特征的匹配算法<sup>[7]</sup>。该方法在运用图像积分SURF的基础上进行分块特征匹配,同时使用了基于二阶多尺度模板的生成特征描述子,使处理效率和特征点匹配的鲁棒性显著提高。

但上述样本匹配方法运算量都很大,对处理平台的实时处理能力要求高,特别是相关卷积运算。本论文讨论了一种适于运动物体图像尺度实时变化的物体特征快速检测与识别方法。该方法以多级定向执行长度编码法(Multilevel Orientation Run Length Coding, MORLC)<sup>[8]</sup>为基础,产生了一种新的物体影像样本形式,即:MORLC多级字节样本。该样本属于字符数据样本,具有数据量小,占用存储空间少,构造过程简单,运算效率高,样本构建灵活性强,可根据不同的应用需求选择不同级次的样本形式,鲁棒性好,不易产生错误检测和识别等特点。由于采用MORLC字节样本的匹配方法时,大部分匹配处理的操作是在图像处理的符号域中进行的,从而避免了对大量图像像元的操作,加快了匹配处理过程。

## 2 MORLC原理

### 2.1 MORLC编码方法

MORLC方法是在二值图像的执行长度编码(Run Length Coding, RLC)方法的基础上产生的,它是对物体的二值图像进行处理。处理时,从物体图像的形心开始,按照 $360/n$ 的角度间隔方向执行长度编码, $n$ 是方向个数,例如, $n$ 等于8(如图1所示),物体的编码结果就为8向 $m$ 级ORLC编码。

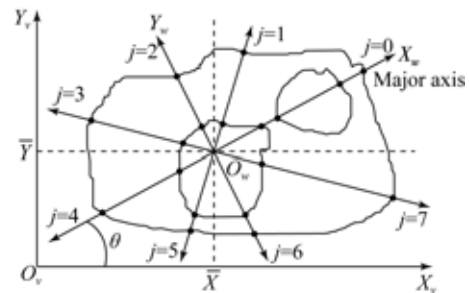


图1 MORLC编码( $j$ 表示编码的方向序号)  
Fig. 1 MORLC coding ( $j$  indicates the coding direction number)

ORLC通常利用物体的二值轮廓图像进行编码。ORLC编码质量取决于物体的定位和定向,即物体图像的形心和最大最小转动惯量轴。MORLC方法对边缘复杂物体图像或分布孔洞轮廓的图像具有很好的适用性。

MORLC编码方法的步骤如下:

- (1)对包含物体场景的图像进行预处理,平滑、非线性滤波、帧间差分、二值化,利用边缘增强滤波器提取物体二值影像的边缘,细线化;
- (2)利用物体图像的零阶矩和一阶矩确定被编码物体图像的形心和最大最小惯量轴(主轴);
- (3)以形心为起点,主轴为基准方向, $360^\circ/n$ 为间隔角度进行定向执行长度编码(ORLC),零方向的 $m$ 级定向执行长度编码表示为 $M_0$ ORLC,

用于匹配的样本也具有同样的形式。

(4)等间隔角方向的第  $j$  个方向( $0 \leq j \leq n$ )执行 ORLC,获得第  $j$  编码方向的  $m$  级定向执行长度编码表示为  $M_j\text{ORLC}$ ,用于匹配的样本也具有同样的形式;

在第  $j$  个方向上的  $m$  级定向执行长度编码可以表示为式(1):

$M_j\text{PM}_m = [\text{PM}]_j = \{P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_m\}_j$ , (1)  
 式中:“ $i$ ”表示第  $j$  方向上物体边缘过度点的序

号;“ $j$ ”表示 ORLC 的编码方向在第  $j$  方向;“ $P_i$ ”表示在第  $j$  方向上的物体边缘过度点序号为  $i$  的坐标点;“ $\text{PM}_j$ ”表示在第  $j$  方向上的物体边缘的过度点坐标阵列。

2.2 MORLC 多级字节样本构建

MORLC 多级字节样本是在 MORLC 坐标编码阵列和 MORLC 矢量编码阵列的基础上产生的。MORLC 坐标编码阵列和 MORLC 矢量编码阵列分别表示如下:

$$[\text{M}_n\text{PM}_{m \times n}] = \begin{bmatrix} \text{M}_0\text{PM}_m \\ \text{M}_1\text{PM}_m \\ \vdots \\ \text{M}_j\text{PM}_m \\ \vdots \\ \text{M}_n\text{PM}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p(0,0), & p(1,0), & \dots, & p(i,0), & \dots, & p(m,0) \\ p(0,1), & p(1,1), & \dots, & p(i,1), & \dots, & p(m,1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p(0,j), & p(1,j), & \dots, & p(i,j), & \dots, & p(m,j) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p(0,n), & p(1,n), & \dots, & p(i,n), & \dots, & p(m,n) \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$[\text{M}_n\text{LM}_{m \times n}] = \begin{bmatrix} \text{M}_0\text{LM}_m \\ \text{M}_1\text{LM}_m \\ \vdots \\ \text{M}_j\text{LM}_m \\ \vdots \\ \text{M}_n\text{LM}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l(0,0), & l(1,0), & \dots, & l(i,0), & \dots, & l(m,0) \\ l(0,1), & l(1,1), & \dots, & l(i,1), & \dots, & l(m,1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ l(0,j), & l(1,j), & \dots, & l(i,j), & \dots, & l(m,j) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ l(0,n), & l(1,n), & \dots, & l(i,n), & \dots, & l(m,n) \end{bmatrix}, \quad (3)$$

式中: $m$ 为 MORLC 编码在一个方向上的最大级数; $n$ 为 MORLC 编码的最大方向个数。式(2)为 MORLC 坐标编码阵列的一般表达形式,式(3)为 MORLC 矢量编码阵列的一般表达形式。

2.3 MORLC 字节样本

使用 MORLC 多级字节样本进行样本匹配操作时,采用逻辑运算方式。MORLC 多级字节样本的建立步骤如下:

- (1)对物体影像进行分割,得到物体的 B/W 影像;
- (2)利用转动惯量法,对物体的 B/W 影像进行定位和定向;
- (3)对物体的 B/W 影像执行 MORLC 编码,得到具有相对物体位置和方向的 MORLC 坐标编码阵列;
- (4)在 MORLC 坐标编码阵列的基础上,计算出它的 MORLC 矢量编码阵列;
- (5)由 MORLC 矢量编码阵列得到 MORLC 多级字节样本(如图 2 所示)。

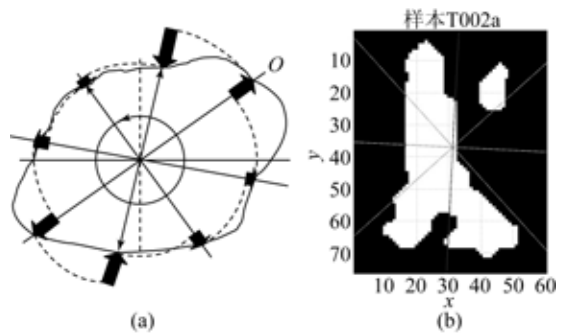


图 2 MORLC 字节样本的产生方法和实例

Fig. 2 Generation method of MORLC byte template and its examples

MORLC 多级字节样本是 MORLC 编码在 8 个方向上的相同级长度元素按逆时针方向,同相邻 MORLC 方向上的相同元素进行比较产生的,判别值为“0”和“1”;如前矢量长度大于后矢量长度,则该位(Bit)等于“1”,如前矢量长度等于或小于后矢量长度,则该位为“0”。最后结果是在同级

的 MORLC 矢量元素处产生一个 8 位的字节(Byte)。因此可得到物体的 8 方向  $m$  级 MORLC 字节样本为:

$$\mathbf{BM}_{m \times 8} = \{Byte_1, Byte_2, \dots, Byte_i, \dots, Byte_m\}, \quad (4)$$

式中:  $\mathbf{BM}_{m \times 8}$  称为 8 位  $m$  级字节(Bytes)。第  $i$  级字节编码中的第  $j$  位( $0 \leq j \leq 7$ )取“0”还是“1”,由下列条件决定:

$$\text{When } \begin{cases} l[i, j] < l[i, j+1], \rightarrow \rightarrow \text{“1”} \\ l[i, j] \geq l[i, j+1], \rightarrow \rightarrow \text{“0”} \end{cases} \quad (5)$$

### 3 基于 MORLC 字节样本的物体识别

基于 MORLC 的物体识别实际是 MORLC 样本匹配。MORLC 匹配均是对各自样本和被识别物体相同的编码形式进行的。

#### 3.1 MORLC 字节样本库构成

多物体的 MORLC 字节样本构成一个样本集, MORLC 字节样本的匹配操作是逻辑运算过程。由式(4)可知:一种物体的 MORLC 的 8 位  $m$  级字节样本可以表示为:

$$[\mathbf{B}_T]_{m \times 8} = \{b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_m\}_t. \quad (6)$$

将上式写成数列形式:

$$[\mathbf{B}_T]_{m \times 8} = \{b_t(1), b_t(2), \dots, b_t(i), \dots, b_t(m)\}, \quad (7)$$

或:

$$[\mathbf{B}_T]_{m \times 8} = \prod_{i=1}^m b_t(i). \quad (8)$$

在上述公式中,  $n=8$  为每个数列元素的二进制位数,实际就是 MORLC 编码的方向数。 $m$  为具有 8 个二进制位的字节数,实际就是 MORLC 在一个方向上的编码所得到的图像边缘坐标阵列级数。因此,8 位 1 级 MORLC 字节样本可表示为:

$$[\mathbf{B}_T]_{1 \times 8} = b_t(1), \quad (9)$$

8 位 2 级 MORLC 字节样本可表示为:

$$[\mathbf{B}_T]_{2 \times 8} = \prod_{i=1}^2 b_t(i), \quad (10)$$

依此类推,8 位  $h$  级 MORLC 字节样本可表示为:

$$[\mathbf{B}_T]_{h \times 8} = \prod_{i=1}^h b_t(i), \quad (11)$$

式(11)即为 MORLC 8 方向  $m$  级字节样本的表达形式。

#### 3.2 基于 MORLC 字节编码的物体识别

当使用 MORLC 字节样本进行物体识别时,按照与样本库相同的级数  $m$  和 8 方向数构建被识别物体的 MORLC 字节编码表达形式。

例如:参照式(11)同理可得被识别物体的 8 位  $h$  级 MORLC 字节编码为:

$$[\mathbf{B}_{\text{Object}}]_{h \times 8} = \prod_{i=1}^h b_{\text{Object}}(i). \quad (12)$$

当下列等式成立时,则物体取得匹配。即:

$$\left(\prod_{i=1}^m b_t(i)\right) \text{XOR} \left(\prod_{i=1}^m b_{\text{Object}}(i)\right) = \prod_{i=1}^m b_t(i), \quad (13)$$

或式(13)结果具有“1”的位个数最少。即式(13)将物体的 8 位  $m$  级 MORLC 字节编码数列与 8 位  $m$  级 MORLC 字节样本进行二进制位逻辑“异或”运算,其结果为 0 或字节“位”差异最少,则物体达到匹配。

## 4 物体特征检测与识别实验

#### 4.1 物体匹配样本形式

MORLC 编码的字节样本如图 3 所示。

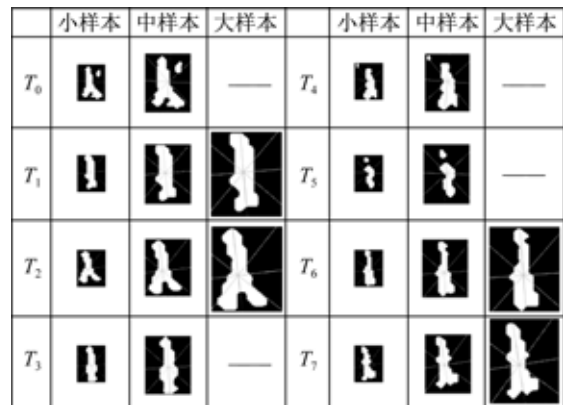


图 3 MORLC 字节编码的 8 组大中小样本图像

Fig. 3 8 group template images of MORLC byte encoding with large, medium and small scales

所列出的样本图像是采用 Canny 算子阈值设置的噪声剔除方法<sup>[9]</sup>从实际序列图像中提取和生成的,其为 8 组大、中、小人形二值样本图像  $T_0 \sim T_7$ 。大、中、小样本分别表示物体运动时图像比

例变化和实验测试不同大小的样本图像在实际物体检测识别时的鲁棒性。表 1 为通过 MORLC

编码方法产生的大、中、小样本图像的二级字节样本。

表 1 MORLC 二级字节样本 ( $m=1, n=7, w=9$ )

Tab. 1 Two-byte templates of MORLC ( $m=1, n=7, w=9$ )

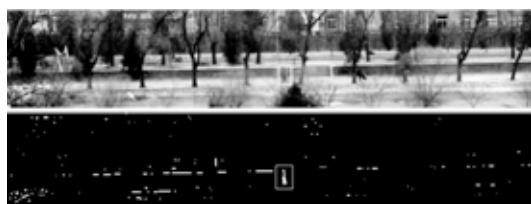
样本编码	(30×38)pixels 小样本		(60×74)pixels 中样本		(75×90)pixels 大样本	
	Byte1	Byte0	Byte1	Byte0	Byte1	Byte0
$T_0$	0100_1100_1100_1101		0100_1000_1100_0101			
$T_1$	0000_0000_1100_1100		0000_0000_1100_1100		0000_0000_1100_1100	
$T_2$	0001_0000_1101_0110		0001_0000_1101_0110		0001_0000_1101_0110	
$T_3$	0000_0000_1100_1110		0000_0000_1110_1100			
$T_4$	0000_0001_1000_1100		0000_0001_1000_1100			
$T_5$	0000_1000_1101_0000		0000_0000_1100_1000			
$T_6$	0000_0000_1000_1110		0000_0000_1000_1110		0000_0000_1100_1110	
$T_7$	0001_0000_1100_1100		0001_0000_1100_1100		0001_0000_1100_1100	

### 4.2 实验结果及分析

实验对象采用场景中有运动行人和行驶汽车的视频图像。视频图像生成过程采用摄像机手持微动拍摄,经过图像配准<sup>[10-11]</sup>后视场近似为静态背景(如图 4(a)(b)(c)(d)上部分灰度图像所示)。该实验图像为 25 frame/s 的视频图像帧序列,场景中运动物体有两个,一个是从视场左侧向右行驶的汽车,另一个是从视场左侧向右侧行走的行人。本测试实验利用 MORLC 编码所生成的二级字节样本对场景中运动的行人进行检测和识别。



(a)第 11 序列帧  
(a)The 11th frame



(b)第 32 序列帧  
(b)The 32th frame



(c)第 8 序列帧  
(c)The 8th frame



(d)第 10 序列帧图像的中间预处理结果  
(d)Intermediate results of the 10th frame

图 4 行人和汽车在不同运动位置上的检测和识别结果以及经过滤波、配准、帧间差分的中间预处理结果  
Fig. 4 Testing and recognition results of moving people and car at different positions and processing results

图 4 各图下部分的二值图像为经过滤波、配准、帧间差分<sup>[12]</sup>后的中间预处理结果。由图 4 可知,行人和汽车在不同的运动位置上均能被检测到,后续将利用 MORLC 二级字节编码(参见表 3)和样本对各帧中检测到的物体进行特征识别,以确认运动的行人。

表 4 为分别利用图 3 中的 8 个行人 MORLC 二级字节样本, 基于式(13)对场景中的行人进行特征识别的匹配结果。从表 4 中的匹配数据可以

看出, 利用 MORLC 二级字节编码, 采用式(13)判别准则结果可以得到较好的识别正确性, 并具有很好的鲁棒性。

表 3 被识别行人的 MORLC 二级字节编码及图像

Tab. 3 MORLC two-byte encoding and images of moving people to be recognized

对应样本 双字节	8BW0(T1)		10BW0(T2)		32BW0(T6)		11BW0(T7)	
	Byte1	Byte0	Byte1	Byte0	Byte1	Byte0	Byte1	Byte0
物体编码	0000_0000_1100_1100		0001_0100_1100_0110		0000_0000_1000_1110		0101_0000_1100_1100	

被识别物体 MORLC 编码图像	物体8BW0	物体10BW0	物体32BW0	物体11BW0

表 4 场景中运动的行人与 9 个大中小 MORLC 二级字节样本的匹配结果

Tab. 4 Matching results of moving people with nine MORLC two-byte samples with large, medium and small scales

MORLC 二级字节小样本(30×38) pixels									
匹配图像	字节	T0_02	T1_08	T2_10	T3_12	T4_13	T5_16	T6_32	T7_11
08 帧图像	Byte1	01001100		00010000	00000000	00000001	00001000	00000000	00010000
	Byte0	00000001		00011010	00000010	01000000	00011100	01000010	00000000
10 帧图像	Byte1	01011000	00010100		00010100	00010101	00011100	00010100	00000100
	Byte0	00001011	00001010		00001000	01001010	00010110	01001000	00001010
11 帧图像	Byte1	00011100	01010000	01000000	01010000	01010001	01011000	01010000	
	Byte0	00000001	00000000	00011010	00000010	01000000	00011100	01000010	
32 帧图像	Byte1	01001100	00000000	00010000	00000000	00000001	00001000		00010000
	Byte0	01000011	01000010	01011000	01000000	00000010	01011110		01000010

MORLC 二级字节中样本(60×74) pixels									
匹配图像	字节	T0_02a	T1_08a	T2_10a	T3_12a	T4_13a	T5_16a	T6_32a	T7_11a
08 帧图像	Byte1	01001000		00010000	00000000	00000001	00000000	00000000	00010000
	Byte0	00001001		00011010	00000010	01000000	00000100	01000010	00000000
10 帧图像	Byte1	01011100	00010100		00010100	00010101	00010100	00010100	00000100
	Byte0	00000011	00001010		00001000	01001010	00001110	01001000	00001010
11 帧图像	Byte1	00011000	01010000	01000000	01010000	01010001	01010000	01010000	
	Byte0	00001001	00000000	00011010	00000010	01000000	00000100	01000010	
32 帧图像	Byte1	01001000	00000000	00010000	00000000	00000001	00000000		00010000
	Byte0	01001011	01000010	01011000	01000000	00000010	01000110		01000010

		MORLC 二级字节大样本(75×90) pixels							
匹配图像	字节	T0_02b	T1_08b	T2_10b	T3_12b	T4_13b	T5_16b	T6_32b	T7_11b
08 帧图像	Byte1	—		00010000	—	—	—	00000000	00010000
	Byte0	—		00011010	—	—	—	00000010	00000000
10 帧图像	Byte1	—	00010100		—	—	—	00010100	00000100
	Byte0	—	00001010		—	—	—	00001000	00001010
11 帧图像	Byte1	—	01010000	01000000	—	—	—	01010000	
	Byte0	—	00000000	00011010	—	—	—	00000010	
32 帧图像	Byte1	—	00000000	00010000	—	—	—		00010000
	Byte0	—	01000010	01011000	—	—	—		01000010

## 5 结 论

本文采用基于 MORLC 二级字节编码方法进行物体特征检测和识别,并对在静态背景中的行人及位置进行了检测和识别实验。结果表明,该方法具有很好的检测识别率,很高的识别精度,以及很好的鲁棒性,特别适于场景中由于被探测物体运动产生投影图像比例变化的情况,其对图

像大小不敏感。该方法的另一个优点是具有高的执行处理效率,可以很快地检测和识别出通常的高分辨率图像,不需要应用耗时巨大的处理算法,对运动平台上的小型化低负载处理系统具有很好的适用性。

该方法适用于纹理检测,以及对不规则轮廓物体的检测和识别,特别适用于大量产品的特征检测、识别和分类。

## 参考文献:

- [1] SUGATA G, MEHROTRA R S. Detection of composite edges [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1994, 3(1): 14-25.
- [2] NARENDRA A. Transform for multiscale image segmentation by integrated edge and region detection [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1996, 18(12): 1211-1235.
- [3] MOSALAM E, MAYOL C, WALTERIO W. Adaptive sampling for feature detection, tracking, and recognition on mobile platforms [J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Special Issue on Video Analysis on Resource-Limited Systems*, 2011, 21(10): 1467-1475.
- [4] MARK S H. Geometric moments and their invariants [J]. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 2012, 44(3): 223-235.
- [5] SAYYOURI M, ABDESLAM H. Improving the performance of image classification by Hahn moment invariant [J]. *Journal of the Optical Society of America A: Optics and Image Science, and Vision*, 2013, 30(11): 2381-2394.
- [6] KARAKASIS E G, PAPAKOSTAS G A, KOU-LOURIOTIS D E. Generalized dual Hahn moment invariants [J]. *Pattern Recognition*, 2013, 46(7): 1998-2014.
- [7] 赵立荣, 朱玮, 曹永刚. 改进的 SURF 算法在特征匹配中的应用 [J]. *光学 精密工程*, 2013, 21(12): 3263-3271.  
ZHAO L R, ZHU W, CAO Y G. Application of improved SURF algorithm to feature matching [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2013, 21(12): 3263-3271. (in Chinese)

- [8] 王欢欢,杨清平,王向军. 物体特征的快速检测与识别方法[J]. 红外与激光工程, 2014, 43(3): 1002-1008.  
WANG H H, YANG Q P, WANG X J. A fast test and recognition method for object character[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2014, 43(3): 1002-1008. (in Chinese)
- [9] WEN P C, WANG X J, WEI H. Modified level set method with Canny operator for image noise removal[J]. *Chinese Optics Letter*, 2010, 8(12): 1127-1132.
- [10] QIU P H, CHEN XING C. Feature based image registration using non-degenerate pixels[J]. *Signal Processing*, 2013, 93(4): 706-720.
- [11] VRIGKAS M, NIKOU C, KONDI L P. Accurate image registration for MAP image super-resolution[J]. *Signal Processing: Image Communication*, 2013, 28(5): 494-508.
- [12] 朱娟娟, 郭宝龙. 复杂场景中基于变块差分的运动目标检测[J]. 光学精密工程, 2011, 19(1): 183-189.  
ZHU J J, GUO B L. Moving object detection based on variable block difference in complex scenes[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2011, 19(1): 183-189.

#### 作者简介:



王欢欢(1982—),女,天津人,博士,讲师,2005年于天津大学获得学士学位,2008年于英国邓迪大学获得硕士学位,2012年于英国 Brunel 大学获得博士学位,主要从事视觉感知、视觉测量、产品定制设计等方面的研究。E-mail: whh088@hotmail.com



卞越新(1991—),女,盐城人,硕士研究生,2013年于长春理工大学获得学士学位,主要研究方向为视觉测量及图像处理。E-mail: talia\_bian@163.com

(本栏目编辑:李自乐)  
(版权所有 未经许可 不得转载)