

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2013 2
Vol.18 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2013 年 2 月 第 18 卷 第 2 期(总第 202 期)

目次

计算机视觉前沿论坛

- 计算机视觉——探索行为理解,认知内心世界 徐光祐,刘允才,章毓晋(131)
- 跨学科前沿与应用的交汇点:日常活动理解 徐光祐,陶霖密,邸慧军(132)
- 时空行为理解 章毓晋(141)
- 视觉机制研究对机器视觉的启发示例 李雄,刘允才(152)
- 视点无关的行为识别综述 冯家更,肖俊(157)

图像处理和编码

- 基于演化算法的卷曲 DCT 图像压缩 李康顺,韦蕴珊,张文生(169)
- 基于欧氏距离图的图像边缘检测 张闯,王婷婷,孙冬娇,葛益娴,常建华(176)
- 基于暗原色先验模型的快速去雾算法 张冰冰,戴声奎,孙万源(184)

图像分析和识别

- Gabor 特征集结合判别式字典学习的稀疏表示图像识别 胡正平,徐波,白洋(189)
- 半监督 k 近邻分类方法 陈日新,朱明早(195)
- 最小距离鉴别投影及其在人脸识别中的应用 黄璞,唐振民(201)
- 图像 LSB 匹配隐藏的预分类检测模型 曹卫权,韩杰思,王宏霞(207)
- 具有旋转鲁棒性的纹理谱描述子 陈刚,陈晓云(214)

计算机图形学

- 利用形体特征的铅笔素描画生成 莫晓斐,丁友东(219)

医学图像处理

- 统计相似度特征的医学图像分割 郭艳蓉,蒋建国,郝世杰,詹曙,李鸿(225)

遥感图像处理

- 结合遗传算法和蚁群算法的高光谱图像波段选择 王立国,魏芳洁(235)
- 相似度自适应样本块的高分辨 SAR 图像阴影修复 赵昊,张弓(243)

- 第八届国际数字地球会议征稿通知 封 3

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 18 No. 2 February 2013

Contents

Forum: Forefront of Computer Vision

Confluence of interdisciplinary frontiers and real-world application: understanding activities of daily living

..... Xu Guangyou, Tao Linmi, Di Huijun (132)

Understanding spatial-temporal behaviors Zhang Yujin (141)

The motivation of visual mechanisms to machine vision: examples Li Xiong, Liu Yuncai (152)

View-invariant action recognition: a survey Feng Jiageng, Xiao jun (157)

Image Processing and Coding

Warped DCT image compression based on an evolutionary algorithm Li Kangshun, Wei Yunshan, Zhang Wensheng (169)

Image edge detection based on the Euclidean distance graph

..... Zhang Chuang, Wang Tingting, Sun Dongjiao, Ge Yixian, Chang Jianhua (176)

Fast image haze-removal algorithm based on the prior dark-channel

..... Zhang Bingbing, Dai Shengkui, Sun Wanyuan (184)

Image Analysis and Recognition

Sparse representation for image recognition based on Gabor feature set and discriminative dictionary learning

..... Hu Zhengping, Xu Bo, Bai Yang (189)

Semi-supervised k -nearest neighbor classification method Chen Rixing, Zhu Minghan (195)

Minimum-distance discriminant projection and its application to face recognition Huang Pu, Tang Zhenmin (201)

Using pre-classification to attack LSB matching Cao Wei-quan, Han Jiesi, Wang Hongxia (207)

Robust rotation-invariant texture spectrum descriptor Chen Gang, Chen Xiaoyun (214)

Computer Graphics

Pencil sketch generation with shape features Mo Xiaofei, Ding Youdong (219)

Medical Image Processing

Medical image segmentation based on statistical similarity feature

..... Guo Yanrong, Jiang Jianguo, Hao Shijie, Zhan Shu, Li Hong (225)

Remote Sensing Image Processing

Band selection for hyperspectral imagery based on combination of genetic algorithm and ant colony algorithm

..... Wang Liguang, Wei Fangjie (235)

Adaptive shadow inpainting from high-resolution SAR image based on exemplar's similarity Zhao Hao, Zhang Gong (243)

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2013)02-214-05

论文引用格式: 陈刚,陈晓云. 具有旋转鲁棒性的纹理谱描述子[J]. 中国图象图形学报,2013,18(2):214-218.

具有旋转鲁棒性的纹理谱描述子

陈刚, 陈晓云

福州大学数学与计算机科学学院, 福州 350108

摘要: 为克服传统 CS-LBP(Center-Symmetric Local Binary Patterns)描述子旋转鲁棒性较差的问题,从人眼视觉角度考虑,提出一种新的 CS-LBP 纹理谱描述子。将纹理模式的旋转变化与字符串的移位操作相结合,基于纹理模式等价类的思想,设计了更有效的方法提升新描述子的抗旋转能力。实验结果表明,新描述子及方法具有更强的旋转鲁棒性,使旋转纹理图像的聚类准确率提高了 9%~38%。

关键词: 中心对称局部二值模式;旋转鲁棒性;纹理谱描述子;图像特征;图像识别;特征提取

Robust rotation-invariant texture spectrum descriptor

Chen Gang, Chen Xiaoyun

Dept. of Mathematics, Mathematics and Computer Science Institute, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China

Abstract: In order to overcome the weakness of tradition CS-LBP descriptor in rotation-invariant, in this paper, we propose a new CS-LBP texture spectrum descriptor from the perspective of the human visual. It integrates the rotation of texture pattern with the shift operation of string. Based on the concept of texture pattern equivalent, a more effective method is designed to enhance the anti-rotation ability of the new descriptor. Experimental results show that the new descriptor and method have with more rotation robustness, and improve the clustering accuracy of rotary texture image by 9% to 38%.

Key words: center-symmetric local binary patterns; rotation invariant; texture spectrum descriptor; image feature; image recognition; feature extraction

0 引言

近年来,局部图像特征的提取与识别逐渐受到了广泛的关注,纹理谱方法以其简易性和准确性而被国内外学者所青睐,在场景分类^[1]、人脸识别^[2]、医学图像分析^[3]和工业生产^[4]等方面得到了广泛的应用。He 等人^[5]通过描述中心像素与邻域像素的灰度差关系提出了纹理谱方法。Ojala 等人^[6]将该思想进一步拓展为局部二值模式(LBP)纹理谱描述符;文献[7-8]在此基础上分别提出了相应的纹理

谱描述符。出于降维和减少运算规模的目的,Heikkilä 等人^[9]提出中心对称的局部二值模式(CS-LBP)纹理谱描述符。文献[10]从中心像素与邻域像素的灰度关系出发,提出了 ICS-LBP 纹理谱描述符。上述纹理谱在区别纹理方向大致相似的图像上有很好的效果,但当纹理图像发生旋转或者对称翻转情况时,其区分效果很差。为此,文献[11]对 LBP 纹理谱描述符进行改进,提出纹理模式等价类的概念,使量化后的 LBP 纹理谱具有直角旋转不变和水平、垂直、正对角线、反对角线翻转不变性,同时将特征维数从 256 维降至 51 维。但该

收稿日期:2012-04-20;修回日期:2012-09-03

基金项目:国家自然科学基金项目(61070020)

第一作者简介:陈刚(1986—),男,现为福州大学数学与计算机科学学院应用数学专业硕士研究生,主要研究方向为数据挖掘与模式识别。E-mail:18179596@qq.com

方法需要对维数进行量化约简,在运用到仅 16 维的 CS-LBP 纹理谱描述子时将大幅度降低其纹理区分性。

从纹理的视觉本质出发,考虑 CS-LBP 纹理谱描述子的旋转不变性,提出一种具有一定旋转和翻转不变性的 CS-LBP 纹理谱描述子;同时,将纹理谱的旋转与字符串的移位相结合,在基本不影响运算量的前提下,使产生纹理谱值具有直角旋转不变和多方向翻转不变的特点。

1 纹理谱描述符的旋转不变性比较

1.1 CS-LBP 与 ICS-LBP

1) CS-LBP 描述符

CS-LBP 对以中心像素为对称的 4 对邻域像素的灰度间的差值进行比较,通过设定阈值的方式来反映纹理区域的特征,描述符具体过程为

$$CL = \sum_{i=0}^3 C_i \times Q_i \quad (1)$$

原始纹理区域	<table><tr><td>144</td><td>169</td><td>165</td></tr><tr><td>137</td><td>148</td><td>149</td></tr><tr><td>136</td><td>172</td><td>174</td></tr></table>	144	169	165	137	148	149	136	172	174	<table><tr><td>166</td><td>206</td><td>205</td></tr><tr><td>190</td><td>202</td><td>201</td></tr><tr><td>170</td><td>205</td><td>197</td></tr></table>	166	206	205	190	202	201	170	205	197
144	169	165																		
137	148	149																		
136	172	174																		
166	206	205																		
190	202	201																		
170	205	197																		
原始纹理谱值	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> [1100] ₂ =[12] ₁₀	0	0	1			1				<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> [1100] ₂ =[12] ₁₀	0	0	1			1			
0	0	1																		
		1																		
0	0	1																		
		1																		
旋转180°后的纹理区域	<table><tr><td>174</td><td>172</td><td>136</td></tr><tr><td>149</td><td>148</td><td>137</td></tr><tr><td>165</td><td>169</td><td>144</td></tr></table>	174	172	136	149	148	137	165	169	144	<table><tr><td>197</td><td>205</td><td>170</td></tr><tr><td>201</td><td>202</td><td>190</td></tr><tr><td>205</td><td>206</td><td>166</td></tr></table>	197	205	170	201	202	190	205	206	166
174	172	136																		
149	148	137																		
165	169	144																		
197	205	170																		
201	202	190																		
205	206	166																		
旋转180°后的纹理谱值	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td></td><td></td><td>0</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> [0011] ₂ =[3] ₁₀	1	1	0			0				<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td></td><td></td><td>0</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> [0001] ₂ =[1] ₁₀	1	0	0			0			
1	1	0																		
		0																		
1	0	0																		
		0																		

(a) CS-LBP 纹理谱值旋转前后比较($u=2$)

$$C_i = \begin{cases} 1 & p_i - p_{i+4} > u \\ 0 & p_i - p_{i+4} \leq u \end{cases} \quad (2)$$

式中, $Q_i = 2^i$, u 为设定的阈值且 $u \geq 0, i = 0, 1, 2, 3$ 。

2) ICS-LBP 描述符

文献[10]在 CS-LBP 的基础上结合中心像素进行判断,提出了 ICS-LBP 描述符,其过程为

$$CL = \sum_{i=0}^3 C_i \times Q_i \quad (3)$$

$$C_i = \begin{cases} 1 & p_i \geq p_c \text{ 且 } p_c \geq p_{i+4} \text{ 或} \\ & p_i < p_c \text{ 且 } p_c < p_{i+4} \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

文献[11]从人眼视觉的角度认为,许多对称不变的纹理模式应该被视为同一纹理模式。对这两种纹理谱描述符而言,即使初始的纹理谱值相同,旋转 180°之后得到的纹理谱值却很可能不同,如图 1 中划线处所示。当对纹理图像进行旋转时,图像的纹理谱直方图分布也会发生变化,且变化前后的分布不存在对应关系。

原始纹理区域	<table><tr><td>204</td><td>194</td><td>179</td></tr><tr><td>166</td><td>185</td><td>187</td></tr><tr><td>191</td><td>185</td><td>182</td></tr></table>	204	194	179	166	185	187	191	185	182	<table><tr><td>193</td><td>192</td><td>190</td></tr><tr><td>179</td><td>180</td><td>186</td></tr><tr><td>165</td><td>163</td><td>176</td></tr></table>	193	192	190	179	180	186	165	163	176
204	194	179																		
166	185	187																		
191	185	182																		
193	192	190																		
179	180	186																		
165	163	176																		
原始纹理谱值	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> [1111] ₂ =[15] ₁₀	1	1	1			1				<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> [1111] ₂ =[15] ₁₀	1	1	1			1			
1	1	1																		
		1																		
1	1	1																		
		1																		
旋转180°后的纹理区域	<table><tr><td>182</td><td>185</td><td>191</td></tr><tr><td>187</td><td>185</td><td>166</td></tr><tr><td>179</td><td>194</td><td>204</td></tr></table>	182	185	191	187	185	166	179	194	204	<table><tr><td>176</td><td>163</td><td>165</td></tr><tr><td>186</td><td>180</td><td>179</td></tr><tr><td>190</td><td>192</td><td>193</td></tr></table>	176	163	165	186	180	179	190	192	193
182	185	191																		
187	185	166																		
179	194	204																		
176	163	165																		
186	180	179																		
190	192	193																		
旋转180°后的纹理谱值	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> [1101] ₂ =[13] ₁₀	1	0	1			1				<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td></td><td></td><td>0</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> [1111] ₂ =[15] ₁₀	1	1	0			0			
1	0	1																		
		1																		
1	1	0																		
		0																		

(b) ICS-LBP 纹理谱值旋转前后比较

图 1 纹理谱旋转的变化

Fig. 1 Values change after rotation

1.2 新的纹理谱描述符

为了尽可能使纹理谱值在图像旋转和翻转后的分布情况相似,提高纹理谱描述符的旋转鲁棒性,在 CS-LBP 描述符的基础上,给出了扩展的 CS-LBP 描述符(ECS-LBP),其具体定义为

$$CL = \sum_{i=0}^3 C_i \times Q_i \quad (5)$$

$$C_i = \begin{cases} 1 & |p_i - p_{i+4}| > u \\ 0 & |p_i - p_{i+4}| \leq u \end{cases} \quad (6)$$

新描述子在保持了 CS-LBP 特点的前提下,对

C_i 的比较方法进行了改进,使 $|p_i - p_{i+4}|$ 与 $|p_{i+4} - p_i|$ 的结果是相同的,当 p_i 与 p_{i+4} 的位置互换时, C_i 的值不会变化。因而当纹理图像发生平角度的旋转时,纹理谱值的分布也不会产生变化,提高了纹理谱描述符的旋转鲁棒性。

2 ECS-LBP 纹理谱与移位叠加法

2.1 ECS-LBP 纹理谱旋转的移位表示

ECS-LBP 纹理谱描述子可以按如下方法进行直观的理解,即一个 3×3 方格的图,忽略中间的格子,对其周围 8 格分别填上 0 或 1,当一个格子填完数字后,其以中间的格子为对称的格子也被填上该数字。因此该图实际上是由左上、上、右上和右这 4 个格子所决定的,可以理解为一串 4 位 2 进制的代码,共有 $2^4 = 16$ 种纹理模式。纹理模式在经过直角度旋转和水平、垂直、对角线翻转等变化过程中相当于对该 2 进制代码进行左移位,并将最高位移出的字符串补入最低位,其对应结果如表 1 所示。

表 1 图像旋转与字符串移位的关系
Table 1 Image rotation and string shift

旋 转	移 位
逆时针旋转 0°	不变
逆时针旋转 90°	左移 2 位
逆时针旋转 180°	不变
逆时针旋转 270°	左移 2 位
水平翻转	左移 1 位
垂直翻转	左移 1 位
正对角线翻转	左移 3 位
反对角线翻转	左移 3 位

将旋转与移位进行对应,便于对 ECS-LBP 纹理谱值旋转操作的理解和计算,有助于进一步挖掘 ECS-LBP 纹理谱的旋转特性。

2.2 基于等价类划分的移位叠加法

对于同一纹理模式经过不同的旋转和翻转变化的新式应该被认为是同一类,因此结合 ECS-LBP 纹理谱描述子的移位表示,引入纹理模式置换群和纹理模式等价类的思想^[11]。

定义 1 集合 $U = \{e_1, e_2, \dots, e_{16}\}$ 表示上述 16 种纹理单元的集合,在 U 上有置换集合 $T = \{\text{左移 1 位, 左移 2 位, 左移 3 位}\}$ 称为纹理模式置换群。

定义 2 对于给定的集合 U 以及纹理模式置换群 T ,

1) 若对纹理单元 $e_k, e_i \in U$, 存在置换 $s_1 \in T$, 使得 e_k 变成 e_i , 则存在 $s_1^{-1} \in T$, 使 e_i 变成 e_k ;

2) 若存在置换 $s_1 \in T$, 使得 e_k 变成 e_i , 且存在置换 $s_2 \in T$, 使得 e_i 变成 e_k , 则存在置换 $s_3 = s_1 s_2$, 使 e_k 变成 e_j 。

由步骤 1)2) 可知 e_k 在 T 的作用下形成一个封闭的类,称为纹理模式等价类。因此 16 种纹理单元可以划分为 4 个等价类。

ECS-LBP 纹理谱描述子虽然已经具有一定的旋转鲁棒性,但其仅对平角度的旋转具有不变性。为了提高旋转鲁棒性,可以对原始图像所得的纹理谱值分别进行左移 1 位、左移 2 位、左移 3 位一共 3 次移位,将每次移位所产生的新纹理谱直方图分布叠加到原始图像的分布中,生成新的纹理谱直方图,使每个等价类内所有纹理模式具有相同的直方图纹理谱值,称为“移位叠加法”,具体实现步骤如下:

1) 对原始图像 A 生成纹理谱直方图 H_1 ;

2) 将 H_1 的每个纹理模式左移 1 位后得到新的纹理模式,并将原纹理谱值映射到新直方图中移位后对应的纹理谱值,得到纹理谱直方图 H_2 ;

3) 将 H_1 的每个纹理模式左移 2 位后得到新的纹理模式,并将原纹理谱值映射到新直方图中移位后对应的纹理谱值,得到纹理谱直方图 H_3 ;

4) 将 H_1 的每个纹理模式左移 3 位后得到新的纹理模式,并将原纹理谱值映射到新直方图中移位后对应的纹理谱值,得到纹理谱直方图 H_4 ;

5) 将 4 个对应的纹理谱直方图相加,得到总的纹理谱直方图 $H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4$ 。

每个等价类中纹理模式的最终纹理谱值均为原纹理谱值经过了 3 次移位后叠加的结果,因此具有相同的纹理谱值,确保了 ECS-LBP 纹理谱描述子具有直角旋转不变和水平、垂直、正对角线、反对角线翻转不变的特点,使其旋转鲁棒性得到了更大的提升,而且映射操作不需要进行复杂的计算,对总体的运算量没有大的影响。

3 实验结果及评价

3.1 图像库

实验所用的图像来自奥卢大学机器视觉小组 (<http://www.cse.oulu.fi/MVG>) 的 Brodatz 纹理库和 Outex_TC_00012 纹理库,具体样本图像如图 2 和图 3 所示。

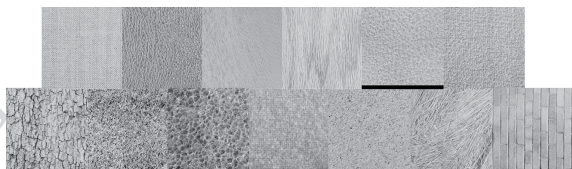


图2 Brodatz 纹理图像库

Fig. 2 The gallery of Brodatz texture image

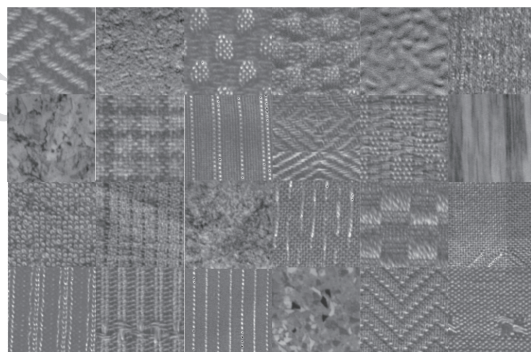


图3 Outex_TC_00012 纹理图像库

Fig. 3 The gallery of Outex_TC_00012 texture image

实验构造 4 个图库,表 2 为图库的具体信息。图库 1 和 2 用于测试纹理谱描述符在纹理方向大致相似的纹理图像(简称普通纹理图像)上的聚类效果,图库 3 和 4 用于测试纹理谱描述符在旋转纹理图像上的聚类效果。

表 2 纹理图像库的信息

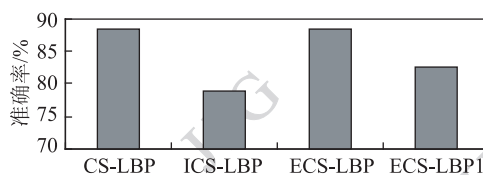
Table 2 Information of texture image gallery

图库编号	来源	纹理类数	每类图像数	每类包含的旋转角度/(°)
1	Brodatz	13	4	0
2	Outex_TC_00012	24	20	0
3	Brodatz	13	6	30, 60, 90, 120, 150, 200
4	Outex_TC_00012	24	45	0, 15, 60, 90, 100, 135, 165, 185, 210

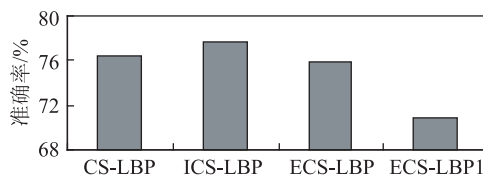
3.2 性能评价

实验在程序 MATLAB R2010b 上完成图像的特征提取过程,并使用 K 均值方法进行聚类,选择欧氏距离作为纹理谱直方图间的相似性度量,实验结果采用“准确率”作为算法的评价标准。准确率定义为所有聚类产生的类与原始类标号建立的一一对应关系中,聚类正确的对象个数与对象总个数之比的最大值。实验对象包括 CS-LBP、ICS-LBP、ECS-LBP 以及使用了移位叠加法后的 ECS-LBP (ECS-LBP1)。对于 CS-LBP、ECS-LBP 及 ECS-LBP1 中涉及的参数 u ,取 1 到 9 分别代入进行计算,以得到准确率的最大值作为该方法的准确率。

实验分为两个部分,第 1 部分针对 CS-LBP、ICS-LBP、ECS-LBP 与 ECS-LBP1 在普通纹理图像上的聚类准确率,其比较结果如图 4 所示。



(a) 图库 1



(b) 图库 2

图 4 普通纹理图像的聚类结果

Fig. 4 The clustering results of ordinary texture image

从图 4 可以看出,ICS-LBP 虽然能在一定程度上反映周围像素与中心像素关系,但其在描述灰度关系上只是单纯的比较大小,没有给出具体的差值关系,区域描述性不强;CS-LBP 与 ECS-LBP 着眼于对称像素的灰度差给定阈值进行分析,在普通纹理图像的描述能力上十分接近,与 ICS-LBP 相比,虽然在图库 2 上准确率低 2%,但在图库 1 上高 10%,因此总体上 CS-LBP 与 ECS-LBP 的纹理描述效果略高于 ICS-LBP;ECS-LBP1 由于采用了移位叠加的方法,在对纹理谱直方图进行多次映射并求和的过程中容易削弱普通纹理图像间的类间区分度,在图库 1 和图库 2 上比前 3 个描述子的准确率低 6%~7%。

第 2 部分实验通过测试 CS-LBP、ICS-LBP、ECS-LBP 与 ECS-LBP1 在旋转的纹理图像上的聚类准确率,反映它们之间的旋转鲁棒性。实验结

果如图 5 所示。

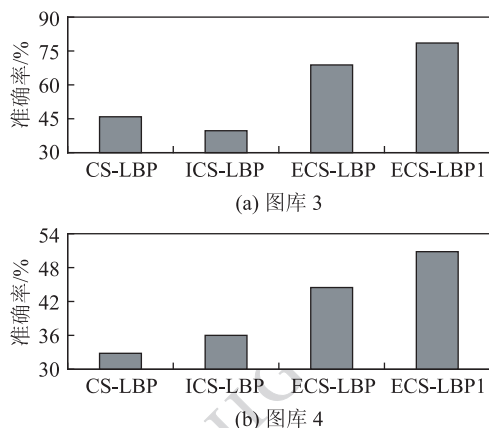


图 5 旋转纹理图像的聚类结果

Fig. 5 The clustering results of rotary texture image

由比较结果可以看出,CS-LBP 和 ICS-LBP 两种纹理谱描述子不具有旋转不变性,故其旋转鲁棒性较差,改进后的 ECS-LBP 描述子具有平角度的旋转不变性,其抗旋转能力明显增强,在图库 3 上分别比 CS-LBP 和 ICS-LBP 高出 23% 和 30%,图库 4 上分别高出 12% 和 9%。而采用了移位叠加法后的 ECS-LBP1 具有直角旋转不变和水平、垂直、正对角线、反对角线翻转不变的多个特点,其旋转鲁棒性得到进一步提高,在图库 3 和图库 4 上分别比 ECS-LBP 高出 9% 和 6%。

4 结 论

首先提出了一种具有平角度旋转不变性的 ECS-LBP 描述子,增强纹理谱的旋转鲁棒性。其次结合该描述子提出了移位叠加法,使 ECS-LBP 描述子具有直角旋转不变和水平、垂直、正对角线、反对角线翻转不变的特点,进一步提高了纹理谱的抗旋转能力,计算简单,易于理解,具有良好的视觉一致性。实验结果表明,ECS-LBP 纹理谱描述子在普通和旋转纹理图像上都具有很高的聚类准确率,而采用移位叠加法能进一步提高 ECS-LBP 纹理谱描述子在旋转纹理图像上的聚类效果。在实际纹理图像特征提取上,采取 ECS-LBP 纹理谱描述子可以取得较为可靠的效果;而当图库内包含较多的旋转纹理图像时,将 ECS-LBP 纹理谱描述子与移位叠加法结合使用效果更佳。

参考文献 (References)

- [1] Li J F, Xu Y. Indoor-outdoor scene classification algorithm based on the texture feature of LBP and wavelet [J]. Journal of Image and Graphics, 2010, 15(5):742-748. [李锦峰,许勇. 基于 LBP 和小波纹理特征的室内室外场景分类算法[J]. 中国图象图形学报,2010,15(5):742-748.]
- [2] Gao T, He M Y, Dai Y C, et al. Face recognition using multi-level histogram sequence local binary pattern [J]. Journal of Image and Graphics, 2009, 14(2):202-207. [高涛,何明一,戴玉超,等. 多级 LBP 直方图序列特征的人脸识别[J]. 中国图象图形学报,2009,14(2):202-207.]
- [3] Nanni L, Lumini A. A reliable method for cell phenotype image classification [J]. Artificial Intelligence in Medicine, 2008, 43(2):87-97.
- [4] Zhou F, Wang P Z, Jiang J G. A fusion scheme for coke micro-graph recognition based on WBCT and LBP [J]. Journal of Image and Graphics, 2009, 14(10):2088-2091. [周芳,王培珍,蒋建国. 基于 WBCT 和 LBP 融合的焦炭显微图像识别方法[J]. 中国图象图形学报,2009,14(10):2088-2091.]
- [5] He D C, Wang L. Texture unit, texture spectrum, and texture analysis [J]. IEEE Transactions on Remote Sensing, 1990, 28(4):509-512.
- [6] Ojala T, Pietikäinen M, Harwood D. A comparative study of texture measures with classification based on feature distribution [J]. Pattern Recognition, 1996, 29(1):51-59.
- [7] Wan H L, Morshed U, Hu H, et al. Texture feature and its application in CBIR [J]. Journal of Computer-aided Design & Computer Graphics, 2003, 15(2):195-199. [万华林,Morshed U,胡宏,等. 图像纹理特征及其在 CBIR 中的应用[J]. 计算机辅助设计与图形学报,2003,15(2):195-199.]
- [8] Mura T H, Liu W, Tong Q Y. Content-based image retrieval using texture spectrum histogram and latent semantic indexing [J]. Bulletin of Science and Technology, 2006, 22(3):389-394. [木拉提·哈密提,刘伟,童勤业. 纹理谱直方图与潜在语义标引在图像检索中的应用[J]. 科技通报,2006,22(3):389-394.]
- [9] Heikkilä M, Pietikäinen M, Schmid C. Description of interest regions with local binary patterns [J]. Pattern Recognition, 2009, 42(3):425-436.
- [10] Sun J D, Wu X X. Image retrieval based on texture spectrum and its spatial feature [J]. Chinese High Technology Letters, 2010, 20(8):822-827. [孙君顶,毋小省. 基于纹理谱及其空间特征的图像检索[J]. 高技术通讯,2010,20(8):822-827.]
- [11] Shi Z P, Hu H, Li Q Y, et al. Texture spectrum descriptor based image retrieval [J]. Journal of Software, 2005, 16(6):1039-1045. [施智平,胡宏,李清勇,等. 基于纹理谱描述子的图像检索[J]. 软件学报,2005,16(6):1039-1045.]