

# 用于纹理分类的多元旋转不变自回归模型

毛建昌 万嘉若 王成道  
(华东师范大学)

## 摘 要

本文在 Kashyap 提出的 CAR 模型的基础上,发展了一种多元旋转不变自回归纹理模型 (RISAR)。利用 RISAR 模型的参数作为纹理图象的旋转不变特征,进行纹理分类,分类精度相对于 CAR 模型有较大的提高;同时识别速度比 SAR 模型大大提高。如果把 RISAR 模型用于多分辨率自回归纹理模型<sup>[2]</sup>中,分类精度可提高到 100%。

**关键词**——分类,分辨率,特征。

## 一、RISAR 模型的建立

自回归纹理模型 (SAR) 是进行纹理分类和综合较为有效的模型,但它是一个旋转变换模型。为了获得旋转不变的纹理特征, Kashyap<sup>[1]</sup> 提出了 CAR 模型。然而由于 CAR 模型是一元模型,核领域小,对纹理图象的拟合精度较差。

仔细分析可发现:在 SAR 模型中,每个核元素与预测象元之间有确定的位置关系。当图象旋转时,核元素的值就会发生变化,因而 SAR 模型的核元素是旋转变化的。如果能构造出旋转不变的核元素,就能把 SAR 模型改造成旋转不变模型。

设  $r = \{y(s)\}$ ,  $s = s_1 + \sqrt{-1} s_2$ ,  $s_1, s_2 = 1, 2, \dots, N$ , 是一幅纹理图象,现构造:

$$x_{si} = \frac{1}{N_i} \sum_{\theta_i \in \Theta_i} y[s + i \cdot \exp(\sqrt{-1} \theta_i)], \quad (1)$$

其中,  $\Theta_i = \left\{ \frac{\pi}{4} \cdot \frac{k}{i}, k = 0, 1, \dots, 8i - 1 \right\}$ ,  $N_i = 8i$ 。

$x_{si}$  实质上是以  $y(s)$  为圆心,半径为  $i$  的圆上点的平均灰度。只要圆上点取得足够多,就能保证  $x_{si}$  的旋转不变性。对于数字图象,过多的点是没有必要的,只能增大信息冗余度。所以圆上相邻两点的距离为  $\pi/4 \approx \sqrt{2}/2$  是较好的选择。

用  $x_{si}$  作为核元素,就可建立  $p$  元 RISAR 模型

$$y(s) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i x_{si} + \varepsilon(s), \quad \varepsilon(s) \sim N(0, \sigma_n^2). \quad (2)$$

可以看出: (1)式中点  $[s + i \cdot \exp(\sqrt{-1} \theta_i)]$  可能不落在方格上, 对这些点采用双线性内插.

设  $t^{(i)}, i = 1, 2, 3, 4$  是点  $t = t_1 + \sqrt{-1} t_2$  的 4 近邻方格点, 则点  $t$  的灰度值  $y(t)$  可由下式求出:

$$y(t) = \left[ 1 / \sum_{i=1}^4 d_i \right] \left[ \sum_{i=1}^4 d_i y(t^{(i)}) \right], \quad (3)$$

式中

$$d_i = 1 / \|t - t^{(i)}\|, \quad i = 1, 2, 3, 4.$$

将(3)式代入(1)式中, 则(1)式可等效成

$$x_{ii} = \frac{1}{N_i} \sum_{r \in D_i} g_i(r) y(s + r), \quad (4)$$

式中  $D_i = D_i(1) \cup D_i(2), i = 1, 2, \dots, p$ .  $D_i(1)$  表示落在半径为  $i$  圆上方格点的集合;  $D_i(2)$  表示对该圆上所有非方格点进行内插时所要用的所有方格点的集合.

$g_i(r)$  是由于内插造成的权重系数. 容易证明: 1)  $g_i(r_1 + \sqrt{-1} r_2) = g_i(r_1 - \sqrt{-1} r_2) = g_i(-r_1 + \sqrt{-1} r_2) = g_i(-r_1 - \sqrt{-1} r_2)$ , 这样只需求四分之一的权重. 2)  $g_i(r)$  与图象无关, 可预先计算好, 因而不增加模型抽取时的计算量.

表 1 给出  $0 \leq \theta \leq 90^\circ$  的  $D_i$  和  $g_i(r), i = 1, 2, 3, 4$  的值.

RISAR 模型中  $\alpha_i, i = 0, 1, \dots, p$  和  $\sigma_n^2$  可用最小二乘估计求得.

模型参数可作为一组旋转不变的特征. 由于  $\alpha_0$  和  $\sigma_n$  均与图象的平均亮度成正比,

表 1

1-th		2-th		3-th		4-th	
$r \in D_1$	$g_1(r)$	$r \in D_2$	$g_2(r)$	$r \in D_3$	$g_3(r)$	$r \in D_4$	$g_4(r)$
0,0	0.6636	0,1	0.2549	0,2	0.2318	0,3	0.2220
0,1	1.4335	0,2	1.3730	0,3	1.3513	0,4	1.3422
1,0	1.4335	1,0	0.2549	1,2	0.3744	1,3	0.3399
1,1	0.4005	1,1	0.6304	1,3	0.8340	1,4	0.8604
		1,2	0.7649	2,0	0.2318	2,2	0.1163
		2,0	1.3730	2,1	0.3744	2,3	0.7836
		2,1	0.7649	2,2	1.1072	2,4	0.5414
		2,2	0.2117	2,3	0.4011	3,0	0.2220
				3,0	1.3513	3,1	0.3399
				3,1	0.8340	3,2	0.7836
				3,2	0.4011	3,3	0.9503
				3,3	0.0905	3,4	0.1592
						4,0	1.3422
						4,1	0.8604
						4,2	0.5414
						4,3	0.1592

为获得亮度不变特征, 记  $\alpha_0/\sigma_n$  为一个特征. 这样,  $p$  元 RISAR 模型可构成一个  $p+1$  维的特征矢量  $x = [\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p, \alpha_0/\sigma_n]'$ .

## 二、实 验

本文采用最小马氏距离分类器对 7 类纹理图象进行了分类实验。每类图象均有不同纹理方向的 32 个训练样本和 32 个测试样本。

RISAR 模型的分能力的测试,已经在文[2]中引述了 RISAR 模型与 CAR 模型比较。结果表明: RISAR 模型的分能力相对于 CAR 模型有了较大幅度的提高;再将 RISAR 模型用于多分辨率自回归纹理模型中<sup>[2]</sup>,获得了 100% 的分类精度。表 2 是测得的 RISAR 模型和 CAR 模型的分精度。

表 2

model	CAR	SRRISAR						
No. of variates	1	2	3	4	5	6	7	8
Accuracy (%)	60.1	83.4	85.3	80.5	79.6	81.6	88.5	87.9

RISAR 模型与 SAR 模型特征抽取的费时比较。在 DEC VAX 11/750 计算机上实验,从  $32 \times 32$  大小的窗口中抽取 RISAR 和 SAR 模型所花费的 CPU 时间记录在表 3 中。

表 3

P/N	1	2	3	4	5	6	7	8
RISAR <i>mm:ss.ss</i>	00:16.16	00:16.96	00:17.46	00:18.82	00:20.42	00:22.69	00:25.29	00:28.89
SAR <i>mm:ss.ss</i>	00:05.85	00:12.16	00:30.88	01:22.74	03:41.10	08:27.63	17:33.50	32:54.65

表中,  $N$  表示 SAR 的核邻域是  $(2N + 1) \times (2N + 1)$ 。预测象元在邻域的中心,这个邻域大小与元数为  $N$  的 RISAR 模型邻域大小相仿。

从表中可以看出,当核邻域增大时,抽取 RISAR 模型比抽取邻域大小相仿的 SAR 模型速度快得多。所以用 RISAR 模型抽取纹理图象的旋转不变特征的方法比先抽取 SAR 模型,然后再形成旋转不变特征的方法更为有效。

## 参 考 文 献

- [1] Kashyap, R. L. et al., Rotation Invariant Texture Classification Using Circular Random Field Models, Proceedings, CVPR'83: IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Washington, D. C. June, 19-23, 1983, 194-200.
- [2] 毛建昌,王成道,万嘉若,多分辨率自回归纹理模型,电子学报, 16(1988), 6, 63-68.



# A MULTIVARIATE ROTATION-INVARIANT SIMULTANEOUS AUTO-REGRESSIVE MODEL FOR TEXTURE CLASSIFICATION

MAO JIANCHANG    WAN JIARO    WANG CHENGDAO

*(East China Normal University)*

## ABSTRACT

In this paper, a new model called the multivariate rotation-invariant simultaneous auto-regressive (RISAR) model is developed based on R. L. Kashyap's circular auto-regressive (CAR) model. The parameters of RISAR model are used as the rotation-invariant features of the image texture. Some classification experiments are performed, which prove that the classification power of the multivariate RISAR model is much stronger than that of CAR model. By using RISAR model in multi-resolution simultaneous auto-regressive (MRSAR) model, an 100 percent of classification accuracy rate is achieved.

**Key words** —Classification; resolution; feature.