

# 空间灰度相关在影像纹理分类中的应用及分析\*

黄桂兰 郑肇葆

(武汉测绘科技大学地球科学与测量工程学院, 武汉市珞喻路39号, 430070)

**摘要** 介绍了空间灰度相关法的11个纹理特征。试验表明, 仅3个是描述性强的纹理特征。通过用 $t$ 检验法来分类纹理, 发现该方法具有良好的“去伪”特性, 可辅助其它纹理分类。

**关键词** 空间灰度相关; 影像纹理分类; 纹理特征

**分类号** TP751

## 1 空间灰度相关法的11种纹理特征

设一个 $N \times M$ 全幅影像有 $L+1$ 个灰度等级; $G(k, l)$ 和 $G(m, n)$ 是影像的两个像元点, 其灰度值分别为 $i$ 和 $j$ 。显然 $0 \leq i, j \leq L$ , 且 $1 \leq k, m \leq N, 1 \leq l, n \leq M$ 。于是就存在一个二阶联合条件概率密度函数 $P(i, j|d, \theta)$ 。其中, $d$ 是这两个像元点间的距离; $\theta$ 是两像元点间连线与水平轴的夹角。在 $3 \times 3$ 窗口条件下, 分别为 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, \dots, 315^\circ$ , 如图1所示。影像上纹理信息可以通过取自一定区域

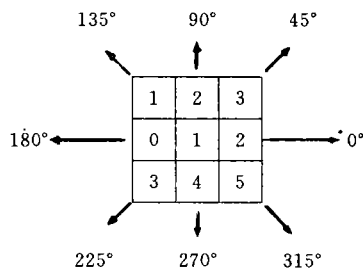


图1 在给定 $3 \times 3$ 窗口条件下灰度共生的指向 $\theta$

或者全幅影像的灰度相关矩阵( $L \times L$ 维)得到。当 $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 以及 $135^\circ$ 时, 对应的灰度空间相关矩阵可用下式计算:

$$C(d, \theta) = [P(i, j|d, \theta)]$$

其中, 角 $\theta$ 以 $45^\circ$ 为间隔, 共生率 $P(i, j|d, \theta)$ 可以计算如下:

$$P(i, j|d, 0^\circ) = \text{No.} \{[(k, l), (m, n)] \in (N \times M) | m-k=0, n-l=d, G(k, l)=i, G(m, n)=j\}$$

$$P(i, j|d, 45^\circ) = \text{No.} \{[(k, l), (m, n)] \in (N \times M) | m-k=d, n-l=d, G(k, l)=i, G(m, n)=j\}$$

$$P(i, j|d, 90^\circ) = \text{No.} \{[(k, l), (m, n)] \in (N \times M) | m-k=d, n-l=0, G(k, l)=i, G(m, n)=j\}$$

$$P(i, j|d, 135^\circ) = \text{No.} \{[(k, l), (m, n)] \in (N \times M) | k-m=d, l-n=d, G(k, l)=i, G(m, n)=j\}$$

其中, No. 表示在该集合中的元素数目。

显然, $C(d, \theta)$ 是一个对称矩阵, 而且在 $\theta$ 角分别为 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$ 时, 存在着如下简单关系:

$$C(d, 0^\circ) = C^T(d, 180^\circ), C(d, 45^\circ) = C^T(d, 225^\circ)$$

收稿日期: 1995-06-12. 黄桂兰, 女, 31岁, 博士生, 现从事影像纹理分类研究。

\* 国家自然科学基金资助项目。

$$C(d, 90^\circ) = C^T(d, 270^\circ), C(d, 135^\circ) = C^T(d, 315^\circ)$$

这样,大量的纹理特征就可以通过灰度相关矩阵 $[P(i, j|d, \theta)]$ 求得。本文对 11 种纹理特征进行了编程计算。这 11 种纹理特征为:

$$(1) \text{ 二阶角矩} \quad f^1 = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L [P(i, j)]^2$$

$$(2) \text{ 反差} \quad f^2 = \sum_{n=0}^{L-1} n^2 \left[ \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L P(i, j) \right], |i - j| = n$$

$$(3) \text{ 相关} \quad f^3 = \left[ \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L (i \cdot j) P(i, j) - u_x u_y \right] / \sigma_x \sigma_y$$

其中,  $u_x, u_y$  为  $P_x(i), P_y(j)$  的均值,  $\sigma_x, \sigma_y$  为  $P_x(i), P_y(j)$  的标准差; 而

$$P_x(i) = \sum_{j=1}^L P(i, j), P_y(j) = \sum_{i=1}^L P(i, j)$$

$$(4) \text{ 方差} \quad f^4 = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L (i - u)^2 P(i, j)$$

$u$  是  $P(i, j)$  的均值。

$$(5) \text{ 逆差矩} \quad f^5 = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L P(i, j) / [1 + (i - j)^2]$$

$$(6) \text{ 均值和} \quad f^6 = \sum_{k=2}^{2L} k P_{x+y}(k)$$

其中,

$$P_{x+y}(k) = \sum_{i=1}^L \sum_{\substack{j=1 \\ i+j=k}}^L P(i, j), k = 2, 3, \dots, 2L$$

$$(7) \text{ 方差和} \quad f^7 = \sum_{k=2}^{2L} (k - f^6)^2 P_{x+y}(k)$$

$$(8) \text{ 和熵} \quad f^8 = - \sum_{k=2}^{2L} P_{x+y}(k) \log[P_{x+y}(k)]$$

$$(9) \text{ 熵} \quad f^9 = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L P(i, j) \log[P(i, j)]$$

$$(10) \text{ 差的方差} \quad f^{10} = \sum_{k=0}^{L-1} \left[ k - \sum_{k=1}^{L-1} k P_{x-y}(k) \right]^2 P_{x-y}(k)$$

其中,

$$P_{x-y}(k) = \sum_{i=1}^L \sum_{\substack{j=1 \\ |i-j|=k}}^L P(i, j), k = 0, 1, L-1$$

$$(11) \text{ 差熵} \quad f^{11} = - \sum_{k=0}^{L-1} P_{x-y}(k) \log[P_{x-y}(k)]$$

## 2 根据纹理特征对影像纹理进行分类

获得纹理特征的目的是为了对影像进行纹理分类。这里我们采用的方法是  $t$  检验法。

将纹理影像块划分为几小块(即子样),分别求出  $d = 1$  时对应的灰度相关矩阵及纹理特征值,计算出各纹理块的纹理特征值对于  $\theta$  的均值  $\bar{f}_{ij}$  及其方差估值  $\hat{\sigma}_{ij}$ ,  $j$  是指第  $j$  种特征值,  $i$  代表纹理影像号。若另有编号为  $k$  的影像纹理块,相应应有  $\bar{f}_{kj}$  和  $\hat{\sigma}_{kj}$ , 可用

$$t_j = \frac{|\bar{f}_{ij} - \bar{f}_{kj}|}{\{[(n_i - 1)\hat{\sigma}_{ij} + (n_k - 1)\hat{\sigma}_{kj}] / (n_i + n_k - 2)\}^{1/2} (1/n_i + 1/n_k)^{1/2}} \quad (j = 1, 2, \dots, 11)$$

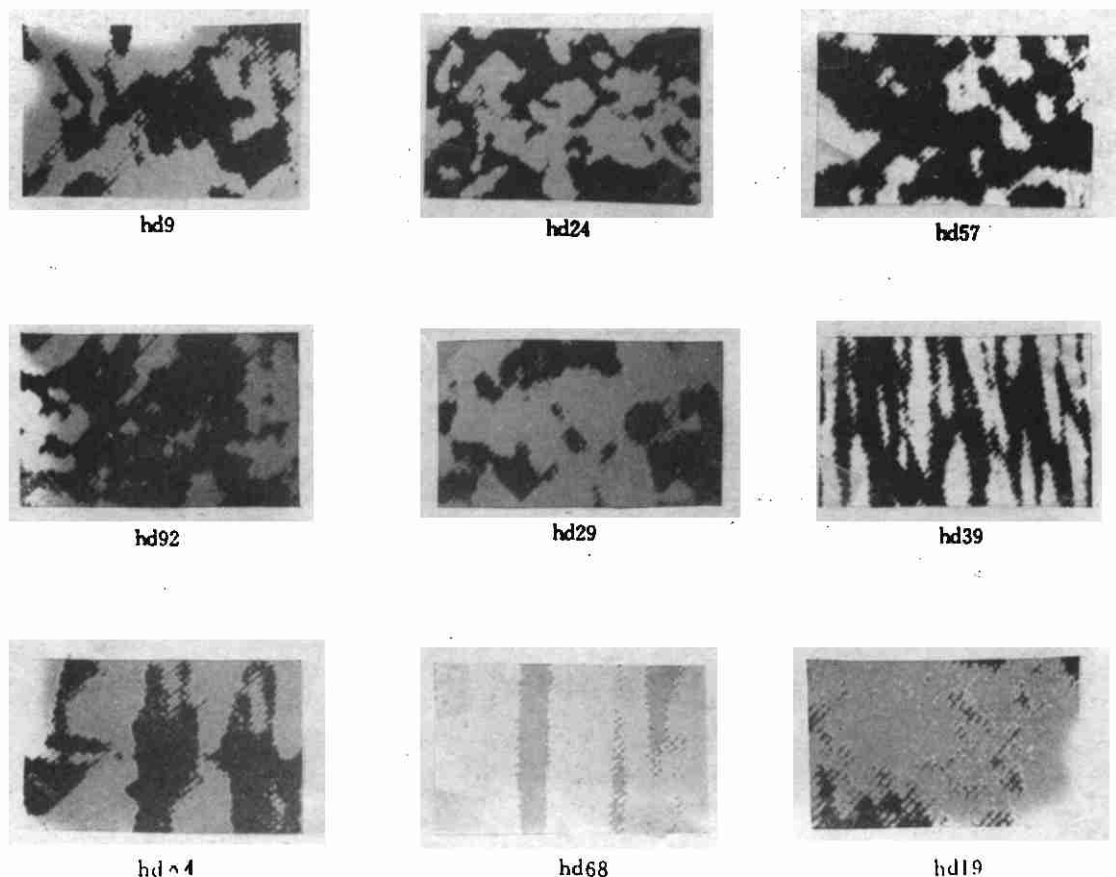


图2 9幅标准纹理影像图

(影像名分别为 hd9、hd24、hd57、hd92、hd29、hd39、hd84、hd68、hd19)

其中,  $n_i$  为影像纹理块  $i$  所划分计算的小块数,  $n_k$  为影像纹理块  $k$  所划分计算的小块数。

取一定的置信度  $\alpha$  (如  $\alpha = 0.05$  等), 由自由度  $(n_i + n_k - 2)$  查  $t$  分布表得  $t_\alpha(n_i + n_k - 2)$  值。若  $t_i < t_\alpha$ , 则认为  $i, k$  属同类纹理; 反之, 则认为  $i, k$  不属同类纹理。

### 3 试验与分析

本次试验采用的是 9 幅最难分辨的标准影像纹理 (见图 2), 每幅大小为  $750\text{pixel} \times 750\text{pixel}$ 。试验中所取子样大小均为  $100\text{pixel} \times 100\text{pixel}$ 。

首先, 从每幅影像中取 5 个子样按前面所述方法计算出灰度相关矩阵及纹理特征值。通过比较和分析, 发现 11 种纹理特征中最有效的是第 1、5、9 三种。这三种纹理特征值所起到的分类效果等同于全部纹理特征的效果。因此, 只计算和使用这三种特征, 既可提高计算速度, 又可节省内存容量。

其次, 我们针对 1、5、9 三种特征用  $t$  检验法进行检验, 当子样量为 5 时,  $\alpha = 0.05$ , 查得  $t_\alpha = 1.86$ 。9 种不同纹理  $t_i$  的计算结果中除影像 hd57 与 hd84 的  $t_1 = 1.014$ ,  $t_5 = 0.838$ ,  $t_9 = 1.753$ 。不能正确区分外, 其余 7 种全部可正确区分开。

最后,为了验证该分类方法会不会产生误将同种纹理分成不同种纹理的情形,我们特地又从这 9 幅国际公认的最难区分的标准纹理影像图中各取 20 个子样。每 10 个子样分成一组,共得 18 组,其中第一、二组同属 hd9,第三、四组同属 hd24,⋯,第十七、十八组同属 hd19 影像。计算出它们的 3 种最有效的纹理特征值、纹理特征值的均值方差,对它们用  $t$  检验法加以检验。其中,同属一种纹理影像的  $t_j(j = 1,5,9)$  列于表 1 中。表 1 中仅 1.78、2.03 值超过  $t_{\alpha}$ 。因此可以说,用空间灰度相关方法进行纹理分类,具有较好的“去伪”性,这一特性可用来辅助其它纹理分类的方法;从而得到更好的效果。

表 1

影像名	hd9	hd24	hd57	hd29	hd92	hd39	hd68	hd84	hd19
$t_1$ 值	1.78	0.26	1.12	0.05	0.36	1.24	0.07	0.60	0.24
$t_5$ 值	0.54	0.59	2.03	0.33	0.45	1.53	0.72	0.92	0.61
$t_9$ 值	1.18	0.52	0.34	0.23	0.05	1.34	0.35	0.85	0.59

衷心感谢张继贤博士提供的 9 幅标准纹理影像。

参 考 文 献

1 Haralick R M. Textuval Features for Image Classification. IEEE Trans. SMC,1973(11):610~621  
2 陈贺新,戴逸松. 空间灰度相关图像纹理分割方法. 数据采集与处理,1989(2):7~12

On the Application of Spatial Gray Level  
Dependence Method in Image Texture Classification

Huang Guilan Zheng Zhaobao

(School of Geo - science and Surveying Engineering ,WTUSM,39 Luoyu Road,Wuhan.China,430070)

**Abstract** After calculating and analysing eleven kinds of value of texture feature, this paper presents that three of them are most effective. Using  $t$  -method to test these three kinds of texture feature values,we found spatial gray level dependence methods has little mistake in decision. So we could use this characteristics to help other method in making accuracy decision.

**Key words** spatial gray level dependence method;image texture classification; texture feature