

# 灰色系统理论在航空像片模式识别中的应用

倪 焱

(浙江省林业勘察设计院)

1986年9月15日收稿

## 摘 要

本文根据灰色系统理论,应用关联序分析,探讨了一种对航空像片进行林分类型识别的方法。该方法首先确定航空像片样区信息中反映林分类型空间分布结构特征的特征光谱光电流数据序列,然后确定标准识别对象频谱序列的模式,再根据关联序分析法计算待识别对象与标准识别对象间的关联程度,从而根据关联度的大小确定待识别对象的林分类型。

**关键词** 灰色系统 航空像片 模式识别

## 一、引 言

由准直的氩-氟激光来照明记录有关航空像片的幻灯片,经透镜的傅里叶变换后在透镜的后焦面上形成光学功率频谱,不同的林分都有它们自己的特征频谱,正是这种特征频谱才使人们利用频谱分析方法对航空像片进行林分识别成为可能<sup>[1]</sup>。

在航空像片中反映林分类型的影像信息,是一些随机分布的斑纹状结构,不同类型的林分分布,其斑纹点的形状、大小,斑纹点内部的细致结构及分布规律等均有所不同。这种不同表达了各林分影像的固有空间分布的几何特征。对其进行光学傅里叶频谱分析所得到的一组(从环状探测器所得的)傅里叶频谱径向分布的光电流数据,相应地转录了各种林分空间分布的影像特征,从而成为频谱分析识别不同林分的依据<sup>[2]</sup>。

客观世界是物质的世界,也是信息的世界。对客观系统来说,既有大量的已知信息,也有不少的未知信息和非确知的信息。对于已知的信息,我们称为白色的,对于未知的或非确知的信息,我们称为黑色的,于是,既含有已知信息又含有未知信息和非确知信息的系统,我们称为灰色系统<sup>[3]</sup>。

由于林分的特征频谱与频谱的干扰因素间的关系比较复杂,特别是表面现象,变化的随机性掩盖了其相互关系的本质,使人们在认识、分析、预测和决策时,得不到全面的、足够的信息,不容易形成明确的概念。一句话,这些都是灰色的因素、灰色的关联性在起作用<sup>[4]</sup>。

本文旨在根据灰色系统理论,应用关联序分析法,对航空像片进行林分类型灰色模式

## 二、确定频谱序列

首先来确定不同林分类型特征频谱的频谱序列。对于描述不同林分类型影像的空间分布结构特征的频谱序列来说,可以用频谱向量  $X(t)$  表示:

$$X(t) = (X(1), X(2), \dots, X(n))$$

式中:  $X(t)$ ——第  $t$  个谱段光电流数据;  $t = 1, 2, \dots, n$ 。

以  $n$  个谱段光电流数据所组成的  $n$  维空间向量,就是我们进行灰色模式识别的频谱序列。本文采用的频谱序列由 27 个谱段的光电流数据组成。

若我们把  $j = 1, 2, \dots, m$  个标准识别模式的频谱序列记为  $X_j(t)$ ; 并考虑有一个待识别对象的频谱序列记为  $X_0(t)$ , 这两个序列分别表示为:

$$X_j(t) = [X_j(1), X_j(2), \dots, X_j(n)]$$

$$X_0(t) = [X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n)]$$

我们从航空像片中,取同一面积但不同林分类型的采样区  $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4$ ,<sup>[2]</sup> 其中  $A_0, A_1$  是从马尾松林分选取的样区,而且均处于阳坡;  $A_2$  也是从马尾松林分中选取的样区,但它是从阴坡中选取的;  $A_3$  为从桉树林分中选取的样区;  $A_4$  为从竹林中选取的样区。各样区的傅里叶频谱径向分布的光电流数据见表 1,其频谱的数据分布图见图 1。

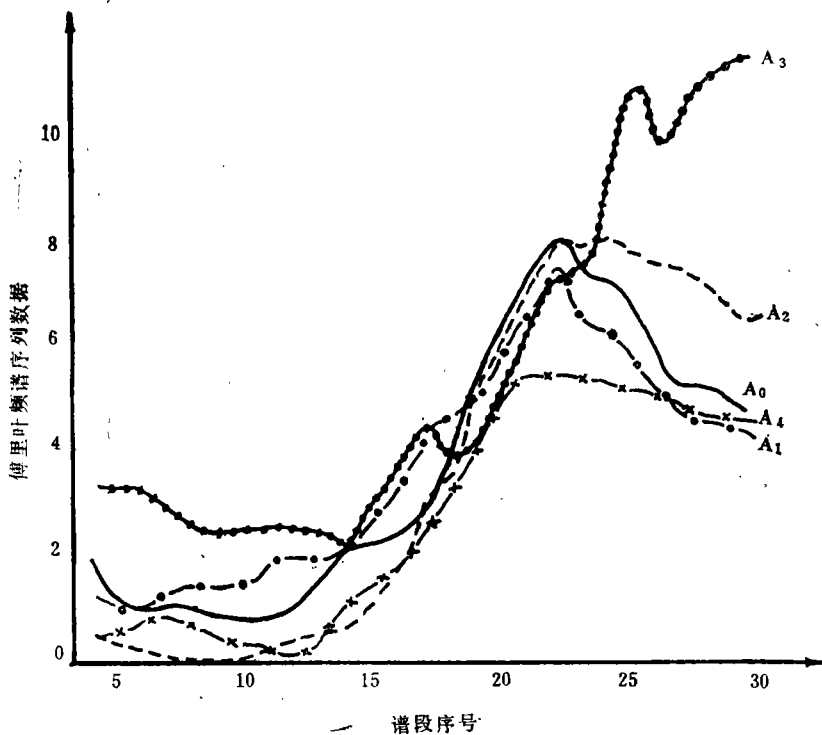


图 1 样区的频谱数据分布图

Fig. 1 The Spectrum Data Distribution of Sample Areas

表 1 各样区傅里叶频谱径向分布的光电流数据表  
Table 1 The Radial Distribution Photoelectric Current Data of Fourier Spectrum in Sample Areas

频谱 $C_i$	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	频谱 $C_i$	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
$C_1$	2.14	1.29	0.60	0.61	3.24	$C_{15}$	4.25	4.66	3.59	3.20	3.60
$C_2$	0.92	1.01	0.38	0.40	3.15	$C_{16}$	5.29	5.36	5.06	4.24	4.10
$C_3$	0.87	0.87	0.21	0.81	3.19	$C_{17}$	6.89	6.06	6.27	4.99	5.27
$C_4$	1.03	1.24	0.05	0.81	2.80	$C_{18}$	7.58	6.75	6.48	6.47	5.73
$C_5$	1.00	1.36	0.05	0.61	2.32	$C_{19}$	8.18	7.61	8.18	7.38	5.40
$C_6$	0.75	1.25	0.16	0.40	2.30	$C_{20}$	7.56	6.51	7.92	7.18	5.67
$C_7$	0.76	1.35	0.21	0.20	2.39	$C_{21}$	7.29	6.57	8.68	9.29	5.42
$C_8$	0.91	1.98	0.26	0.20	2.41	$C_{22}$	6.91	5.89	7.94	11.11	5.42
$C_9$	1.04	2.03	0.56	0	2.43	$C_{23}$	5.64	4.96	7.68	9.57	5.23
$C_{10}$	1.69	1.88	0.67	0.41	2.37	$C_{24}$	5.24	4.99	7.59	11.05	4.77
$C_{11}$	2.24	2.27	0.67	1.21	2.10	$C_{25}$	5.22	4.59	7.24	11.37	5.09
$C_{12}$	2.07	2.75	1.44	1.39	2.13	$C_{26}$	4.90	4.57	6.55	11.71	4.72
$C_{13}$	2.23	3.36	2.00	1.99	3.64	$C_{27}$	4.74	4.19	6.76	11.71	4.70
$C_{14}$	2.82	4.65	3.02	2.79	4.66						

### 三、定义相似程度

设有  $m$  个标准识别模式  $X_j(t)$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ ,  $t = 1, 2, \dots, n$ ; 又有一个待识别的对象  $X_0(t)$ , 则待识别对象  $X_0(t)$  应归属哪个标准识别模式就由  $X_0(t)$  与  $X_j(t)$  序列分布的固有几何相似程度决定。我们用关联度来作为  $X_0(t)$  当  $X_j(t)$  序列分布的固有几何相似程度的一种度量, 从而根据关联度值的大小确定待识别对象应归属的林分类型。

为了定义关联度<sup>[3]</sup>, 我们首先必须定义关联系数, 记  $X_j(t)$  对  $X_0(t)$  的关联系数为  $\xi_{0j}(t)$ , 并记在同一谱段  $t$  时  $X_0(t)$  与  $X_j(t)$  的绝对差值为  $\Delta_{0j}(t)$ , 即:

$$\Delta_{0j}(t) = |X_0(t) - X_j(t)| \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad t = 1, 2, \dots, n$$

再记  $X_0(t)$  与  $X_j(t)$  的最小绝对差值为  $\Delta_{\min}$ :

$$\Delta_{\min} = \min_j \min_t |X_0(t) - X_j(t)|$$

又记  $X_0(t)$  当  $X_j(t)$  的最大绝对差值为  $\Delta_{\max}$ :

$$\Delta_{\max} = \max_j \max_t |X_0(t) - X_j(t)|$$

并对关联度的规范性进行伸展<sup>[3]</sup>, 则令关联系数在  $[a, b]$  之间进行取值, 其中  $a, b$  是两个实数, 且  $a < b$ 。则定义关联系数  $\xi_{0j}(t)$  为:

$$\xi_{0j}(t) = \frac{\Delta_{\min} + b\Delta_{0j}(t)}{\Delta_{0j}(t) \cdot \left(\frac{b}{a} - 1\right) + \Delta_{\max}} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

定义了关联系数之后, 即可定义关联度, 若记  $X_0(t)$  与  $X_j(t)$  的关联度为  $r_{0j}$ , 则定

1) 郭洪, 关联度的规范性伸展研究, 1987 年全国第三次灰色系统理论学术讨论会论文。

义关联度  $\gamma_{0j}$  为:

$$\gamma_{0j} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \xi_{0j}(t) \quad \begin{matrix} j = 1, 2, \dots, m \\ t = 1, 2, \dots, n \end{matrix}$$

由于关联系数是在  $[a, b]$  之间连续取值的实值函数,从而确定关联度值  $r_{0j}$  也是在  $[a, b]$  之间连续取值的实值函数。而且从关联度的定义可以看出,关联度值愈大,且愈接近于  $b$ ,则待识别对象  $X_0(t)$  与标准识别对象  $X_j(t)$  间频谱序列分布的固有几何相似程度就愈大,也就是说,待识别对象的林分类型与标准识别对象的林分类型愈相似,反之亦然。

据此,我们根据择近原则,即,有  $m$  个标准识别模式  $X_j(t)$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ), 又有一个待识别对象  $X_0(t)$ , 当:

$$\gamma_{0j} = \max\{\gamma_{0j} | j = 1, 2, \dots, m, f \in j\}$$

则认为被识别对象  $X_0(t)$  与标准识别模式  $X_j(t)$ ,  $f \in j$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ , 最相似。从而确定以最大的关联度值所对应的标准识别模式的林分类型为待识别对象的林分类型。

#### 四、林分类型的识别

根据表 1, 我们令  $A_1, A_2, A_3, A_4$  为标准识别模式, 则各样区的频谱序列用  $X_j(t)$  表示, 其中  $j = (1, 2, 3, 4)$ ,  $t = (1, 2, \dots, 27)$ 。令  $A_0$  为待识别对象, 其频谱序列用  $X_0(t)$  表示。我们根据关联度分析法, 令  $[a, b] = [10, 100]$ , 从而计算待识别对象与标准识别对象间的关联度, 并根据择近原则, 确定一个关联度值最大的标准识别模式, 即待识别对象所属的林分类型, 从而达到我们识别林分类型的目的。

根据表 1, 待识别对象与标准识别对象间的关联度计算结果见表 2。

从表 2 的模式识别结果我们可以看到, 待识别对象  $A_0$  与标准识别对象  $A_1$  的关联度最大, 所以待识别对象的林分类型应该是马尾松(阳坡)。这一结果与实际情况完全符合, 表明该方法在航空像片的模式识别中具有相当的实用价值。

#### 五、讨 论

(1) 本文所述的方法, 是以识别对象影像的固有空间分布结构特征为基础, 以不同的识别对象都具有它们自己的特征频谱<sup>[5]</sup> 为依据所进行的识别, 只要能够得到识别对象的

表 2 识别对象间关联度计算结果表

Table 2 The Calculating Results of the Incident-degree between Recognition Objects

识别对象	关联度 $\gamma_{0j}$	林分类型
$A_0$	—	马尾松林(阳坡)
$A_1$	60.96	马尾松林(阳坡)
$A_2$	49.92	马尾松林(阴坡)
$A_3$	45.69	桉树林(阳坡)
$A_4$	46.24	竹林(阳坡)

特征频谱,并能充分反映该识别对象影像固有空间分布结构的特征,就能够较好地得到识别效果。所以,该方法的有效性主要取决于特征频谱是否反映了识别对象影像的固有空间分布结构的特征。

(2) 本文所述的光学傅里叶频谱分析系统,若采用楔状探测器所得的光电流数据,则不能反映不同类型林分的频谱分布差异<sup>[2]</sup>,而只有环状探测器所得的光电流数据,才能反映出不同类型林分的频谱分布差异,其频谱分布差异相应地表示出各林分类型影响的固有空间分布结构的特征。

(3) 本文是对林分类型进行识别,所谓林分就是在组成、构成、林龄、空间配量或林况等方面具有充分一致性的群落。而一致性是相对的,差异性绝对的,所以识别是频谱序列分布的固有几何相似性的识别。但是,即使在相同林分的情况下,由于航空透明片中相同林分但不同坡向的影像也具有不同的空间分布结构的特征,通过傅里叶频谱转换,经环状探测器所得的光电流数据,转录了这一空间分布结构的特征。而关联度仅是作为频谱序列几何相似程度的一种度量,从而反映相同林分的不同过渡,所以,本文所述的方法在实践中具有一定的可行性<sup>[2]</sup>。

(4) 由于不同林分的特征频谱是一个存在着灰因素和灰关系的灰色系统,所以,本文应用灰色系统理论的关联序分析法,对航空像片的林分类型进行了识别,并取得了可信的结果。为灰色系统理论为研究和分析我国林业遥感问题提供了新的思想、方法、途径。为解决我国森林资源的遥测和计算机化展现了广阔的前景。

(5) 本文所述的方法,对于各种字体、票证图案、指纹、气象图、医疗诊断照片、遥感地物、各种加工工件的几何图形的识别等,只要能够得到各模式的空间分布结构的灰色影像特征,从理论上讲均能适用。

### 参 考 文 献

- [1] 赵焕卿、杜之成、赵在忠、章志鸣,用于空间频谱分析的楔、环阵列探测器的研究和特性,光学学报,2(5)。1982。
- [2] 李继陶、陈祯培、李祚泳,用相对比较函数对光学图像进行 Fuzzy 识别,模糊数学,6(1),1986。
- [3] 邓聚龙,灰色系统(社会、经济),国防工业出版社,1985年。
- [4] 邓聚龙,灰色控制系统,华中工学院出版社,1985年。
- [5] G. G. Lendaris, G. L. Standey; Proc. IEEE, Vol. 55, No.2 (Feb), p. 189, 1970.

## Application of the Grey System Theory in the Pattern Recognition of Aerial Photography

Ni Yan

*(Zhejiang Surveying And Designing Institute Of Forestry)*

### Abstract

In this paper, method of stand type recognition on the aerial photography was discussed using the incident series analysis based on grey system theory.

A data series of spectrum photoelectric current for structural characteristics of stand type space distribution of in formation of sample areas in the aerial photography were defined. Then, the pattern of spectram series of standard recognition obyects were set up, and the incident extent between the awaited recognition objects and the standard recognition objects was calculated with this method. Finally, the stand type of awaited recognition objects was determined.

**Key words** Grey System, Aerial Photography, Pattern Recognition