

森林群落类型分布的方位信息识别*

李祚泳

(成都气象学院)

陈二平

(陕西省气象局, 西安)

李继陶 陈祯培

(四川大学, 成都)

摘 要

本文通过对森林航空遥感图片经光学付里叶变换所获得的频谱分布曲线, 应用模糊数学中的方位信息比较法, 在不同类型森林的遥感图片的频谱之间建立了一一对应的模糊关系, 进行了对森林遥感图象的模式识别, 并给出了与实际情况相一致的判别结果。

遥感技术可用于地貌、农业、林业等多个领域(日本遥感研究会编, 1981)。而怎样从航空拍摄的地物照片中分析和抽取图象的结构信息特征是图象处理工作中的一项重要而困难的任務。一般说来, 从航空摄影象片(以下简称航片)中判别道路、建筑物等人工体较为容易, 但是, 若要通过目视判读、鉴别随机分布的植物群落的类型信息, 分析其类型和生长情况则较为困难。

本文将森林航片图象进行光学付里叶变换, 并对所获得的空间频谱数据, 应用模糊方位信息法进行处理, 对不同类型的森林进行综合比较, 实现对随机分布的不同林种的分类, 为从航片中对森林分类探索出一种新的可能途径。

一、森林航片频谱的方位信息比较的数学描述和比较方法

森林分布反映在航片上是一些随机分布、黑白相间的斑纹结构。不同类型的森林, 其斑点形状、大小、分布规律及斑点内部的细致结构均不同, 正是这种差异表达了森林类型的固有特征。如果将航片的底片置于光学图象频谱分析装置的透镜的前焦面上, 在透镜的后焦面上放置一个如图1所示的楔环列阵探测器来探测森林影象的频谱(赵焕卿等, 1982)。

这里所用的是64单元列阵的光电楔环探测器, 其中的32个楔状光电探测单元分别测量频谱的方向分布信息; 32个环状光电探测单元分别测量频谱的径向分布信息。由于考虑到所选实例中影象频谱方向分布的对称性, 楔状探测单元输出的光电流差别较小, 环状探测单元输出的光电流差别较大, 因而只需比较环状探测单元的

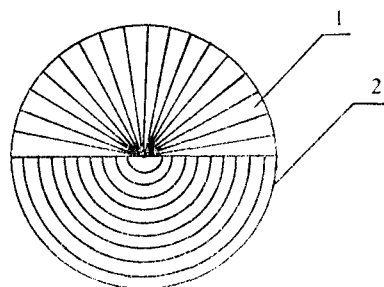


图1 楔环列阵探测器

1. 楔探测单元 2. 环探测单元

Fig.1 Detector of Wedge-ring array

1. wedge unit of detector

2. ring unit of detector

* 感谢北京师范大学汪培庄教授的鼓励和帮助。

本文于1985年8月16日收到。

光电流输出。又因为 1—3 环受背景光强度影响较大, 输出光电流中直流分量较多, 干扰大; 最外两环 (31—32) 几种影象的输出差异亦不明显, 故均将它们舍去, 而只取 4—30 环的输出作比较。

在 1:10000 的航片上选取 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 和 A_4 5 个子区 (每个子区面积约 4 毫米²) (见图 2), 其频谱分布的归化强度值如表 1 所示 (李继陶等, 1984)。若以环号作横坐标, 归化后的频谱强度值作纵坐标, 作出的 5 个子区的频谱曲线如图 3 所示。



图 2 几种森林的航片

a. 马尾松林航空图片 A_0 为样本子区、 A_1 、 A_2 为待分析子区

Fig.2 Aerial photograph of three species of forest a, the Aerial photograph of pin forest A_0 —sample sub-region

A_1 , A_2 —sub-region to be analyse

b. 桉树森林航空图片 A_3 为待分析子区

b. the Aerial photograph of eucalyptus forest

A_3 —sub-region to be analyse

c. 竹林航空图片 A_4 为待分析子区

c. the Aerial photograph of bamboo

A_4 —sub-region to be analyse

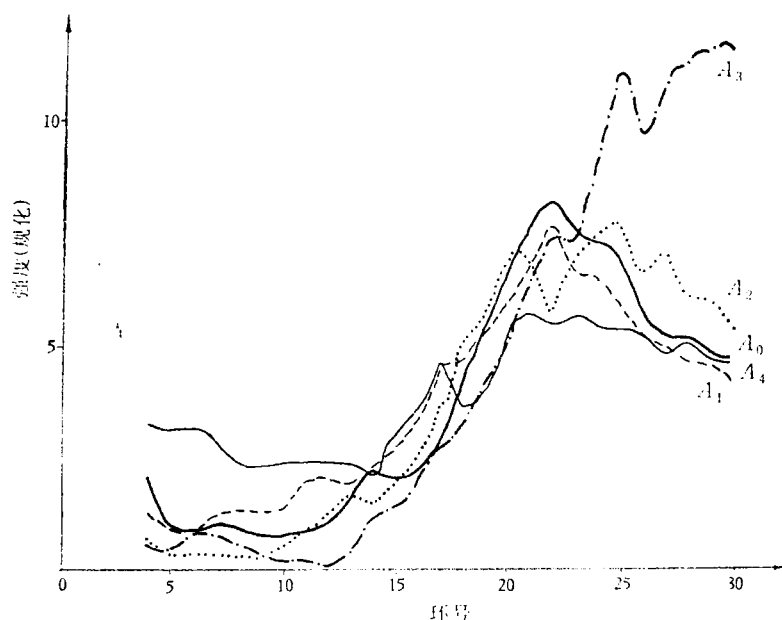


图 3 森林样本的归化付里叶频谱分布

Fig.3 Distribution of normal Fourier spectra of forest sample

表 1 频谱分布的归化强度值

Table 1 The normal intensity value of spectral distribution

子区 频 谱 环分量	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4
$A^{(1)}$	2.14	1.29	0.76	0.61	3.24
$A^{(2)}$	0.92	1.01	0.35	0.40	3.15
$A^{(3)}$	0.87	0.87	0.35	0.81	3.19
$A^{(4)}$	1.03	1.24	0.35	0.81	2.80
$A^{(5)}$	1.00	1.36	0.34	0.61	2.32
$A^{(6)}$	0.75	1.25	0.30	0.40	2.30
$A^{(7)}$	0.76	1.35	0.52	0.20	2.39
$A^{(8)}$	0.91	1.98	0.88	0.20	2.41
$A^{(9)}$	1.04	2.03	1.22	0.00	2.43
$A^{(10)}$	1.67	1.88	1.76	0.41	2.37
$A^{(11)}$	2.24	2.27	1.56	1.21	2.10
$A^{(12)}$	2.07	2.75	1.93	1.39	3.13
$A^{(13)}$	2.23	2.36	2.63	1.99	3.64
$A^{(14)}$	2.82	4.65	3.69	2.79	4.66
$A^{(15)}$	4.25	4.66	5.25	3.20	3.60
$A^{(16)}$	5.29	5.36	5.19	4.24	4.10
$A^{(17)}$	6.89	6.06	6.93	4.99	5.27
$A^{(18)}$	7.58	6.75	6.87	6.47	5.73
$A^{(19)}$	8.18	7.61	5.66	7.38	5.40
$A^{(20)}$	7.56	6.51	6.90	7.18	5.67
$A^{(21)}$	7.29	6.57	7.41	9.29	5.42
$A^{(22)}$	6.91	5.89	7.65	11.11	5.42
$A^{(23)}$	5.64	4.96	6.45	9.57	5.23
$A^{(24)}$	5.26	4.99	7.12	11.05	4.77
$A^{(25)}$	5.22	4.59	6.12	11.37	5.09
$A^{(26)}$	4.90	4.57	5.97	11.71	4.72
$A^{(27)}$	4.74	4.19	5.43	11.71	4.70

因为不可能存在两个绝对一致的森林群落分布, 它们总有某些差异, 这种差异往往又是模糊的, 从而使得各森林图象的频谱分布之间的关系也是模糊的。因此用完全相同或完全不同的这样的确切概念来描述遥感图象的频谱差异是不恰当的, 而最好用模糊数学加以描述。

要对遥感图象频谱识别, 可把标准样本和待识别样本组成模糊集 $U = \{A_0, A_1, \dots, A_n\}$, 而 A_l ($0 \leq l \leq n$) 用 m 组坐标值 $A_{l1}(X_l^{(1)}), A_{l1}^{(1)}, \dots, A_{lm}(X_l^{(m)}), A_{lm}^{(m)}$ 来描述, 其中横坐标代表环号, 纵坐标代表经过归化了的频谱强度。

一般说来, 相似性的选择是以相似程度的大小为基础, 以隶属函数来表示两个样本之间的差异。设 A_i 为标准样本, A_k 为任选的待识别样本。因 A_l 的性质是用一组坐标值来描述的, 故在比较它们的相似程度时, 只能以坐标值而论。通常的方法是以 A_k 中各坐标值所代表的点与 A_i 中各坐标值所对应的点逐一求距离, 比较 A_k 中的各点与 A_i 中的哪点距离最近, 以判断两样本中点的相似程度。但这样做显然不妥, 因为我们不仅要考虑对应两点间的距离, 更要考虑它们各自在整体中的相对位置是否相似。所以还应先计算样本中各点的相对坐标值。

设 $P(X_i^{(f)}, A_i^{(f)})$, $Q(X_i^{(h)}, A_i^{(h)})$ 为标准样本 A_i 中的两个点, 按向量减法, 则 Q 点对 P 点的相对坐标为 $Q-P(X_i^{(h)}-X_i^{(f)}, A_i^{(h)}-A_i^{(f)})$ 。同理, 设 $P'(X_k^{(s)}, A_k^{(s)})$, $Q'(X_k^{(t)}, A_k^{(t)})$ 为任选样本 A_k 中的两点, 则 Q' 对 P' 的相对坐标为 $Q'-P'(X_k^{(t)}-X_k^{(s)}, A_k^{(t)}-A_k^{(s)})$ 。依据所求得的两组相对坐标值计算 $Q-P$, $Q'-P'$ 两点间的相对距离 r , 其计算公式为 (汪培庄, 1983)

$$r(Q-P, Q'-P') = \frac{\sqrt{[(X_i^{(h)}-X_i^{(f)})-(X_k^{(t)}-X_k^{(s)})]^2 + [(A_i^{(h)}-A_i^{(f)})-(A_k^{(t)}-A_k^{(s)})]^2}}{\sqrt{(A_k^{(t)}-A_k^{(s)})^2}} \quad (1)$$

再用相对距离定义两点之间的 Fuzzy 相似关系:

$$\mu_R \triangleq \frac{1}{m} \sum_{b \neq f, c \neq s} \max\{\exp r(A_{ib} - A_{if}, A_{kc} - A_{ks})\} \quad (2)$$

($f, s = 1, 2, \dots, m$)

通过计算可得相似关系矩阵

$$R = (\mu_R(A_{if}, A_{ks}))_{m \times m} \quad (3)$$

矩阵 R 中的元素为隶属函数值。在矩阵 R 中, 第 f 行的元素代表标准样本 A_i 中的第 A_{if} 点, 第 s 列的元素代表任选样本 A_k 中的第 A_{ks} 点。若在矩阵 R 的每行元素中都选取一最大者, 则它所在的列代表任选样本的点与其行所代表的标准样本中的点最相似。这样, 在代表两样本的两组信息之间便建立了一一对应的关系。然而, 对于要考虑的对象是两样本的相似程度时, 不仅要考虑样本中两组信息之间的对应关系, 还要把样本视为一整体来全面的比较, 即需要把矩阵 R 中每行取出的最大者加在一起, 其和 S 越大, 表明所选样本与标准样本的相似程度愈高, 愈接近标准样本。 s 值愈小, 表明所选样本与标准样本差异愈大。

二、森林航片频谱的实例比较

如上所述, 在马尾松林样本中选取 3 个子区 A_0 , A_1 和 A_2 , 其中 A_0 为标准样本。在桉树林与竹林中各选一个子区, 记为 A_3 , A_4 。它们构成集合 $U = \{A_0, A_1, A_2, A_3, A_4\}$ 。在楔环探测器中, 选取 4—30 环的频谱强度作为对 U 中元素的性质的描述。则 $A_l (0 \leq l \leq 4)$ 就可表为 $A_{l1}(4, A_l^{(1)})$, $A_{l2}(5, A_l^{(2)}) \dots A_{l27}(30, A_l^{(27)})$ 。按 (1) 式和 (2) 式可求得各个待识别样本与标准样本的相对距离及其 Fuzzy 相似关系。于是得到 4 个模糊相关矩阵 $R_{27 \times 27}$ 。因考虑到各个待识别样本与标准样本两组信息之间所对应的横坐标相同, 因而矩阵 $R_{27 \times 27}$ 中对角线上所对应的元素比其所在行的其他元素值要大, 故可不必计算非对角线上的元素, 只需计算出对角线上的元素即可。计算矩阵 $R_{27 \times 27}$ 对角线上的元素可用计算程序实现。

为了对各类样本作综合判别, 采用求矩阵 $R_{27 \times 27}$ 对角线上隶属元素和的大小作为样本间相似程度大小的判别依据, 4 个矩阵对角线上元素及其和见表 2。

由表 2 的数据可见: 样本 A_1 与 A_0 最相似, 其次是 A_2 与 A_0 ; 而 A_3 、 A_4 与 A_0 的相似程度就很差了。这和实地调查结果相一致。因为实际情况是 A_1 , A_2 , A_0 同属马尾松林, 只是 A_1 与 A_0 同属阳坡, 有相同的环境照明条件; A_2 属阴坡, 与 A_0 的照明条件不同, 因而差异要大些, 而 A_3 、 A_4 分属于桉树林与竹林, 自然其频谱结构与 A_0 的频谱结构差异明显。

表 2 矩阵的对角元素及其和
Table 2 Diagonal elements of matrixs and its sum

	r_{ii}														$\sum_{i=1}^{27} r_{ii} = s$
R^I	0.51	0.58	0.58	0.57	0.55	0.53	0.51	0.39	0.41	0.57	0.58	0.48	0.37	0.20	13.72
	0.53	0.58	0.51	0.51	0.56	0.43	0.54	0.44	0.54	0.56	0.55	0.56	0.57		
R^{II}	0.30	0.55	0.55	0.53	0.54	0.56	0.56	0.57	0.55	0.57	0.53	0.57	0.51	0.45	13.10
	0.41	0.57	0.57	0.52	0.12	0.54	0.56	0.47	0.46	0.21	0.44	0.39	0.48		
R^{III}	0.34	0.51	0.42	0.47	0.51	0.50	0.51	0.51	0.49	0.42	0.49	0.51	0.47	0.41	9.85
	0.49	0.49	0.25	0.47	0.51	0.49	0.09	0.07	0.08	0.08	0.09	0.08	0.07		
R^{IV}	0.38	0.26	0.24	0.36	0.40	0.40	0.39	0.40	0.41	0.34	0.36	0.38	0.41	0.34	8.81
	0.32	0.28	0.26	0.25	0.11	0.24	0.25	0.27	0.34	0.34	0.36	0.36	0.35		

三、结 语

在用航空遥感技术拍摄的地物影象上,一般能用以识别地物的判译标志有影象的形状、色调、灰度、高度、坡度等影象特征因子。这些工作是在空间域进行的。这种从空间域判读方式,目前通常采用目视判读法及计算机数字处理判读法,已经能做大量的判读工作。不过,目视判读因带有判读者的主观先验性,因而判读结果往往和判读者的知识水平和经验有关。用计算机对影象进行图象数字处理,因一幅图象上点数量大,要逐点运算并对几幅图象进行比较,不但费时,且费用也高;而本文通过对遥感图片进行光学付里叶变换分析方法,直接对其功率谱加以处理、分类,可从纹理信息分析的角度来识别森林类型的影象结构则比较客观,并且因为光学频谱付氏变换是一种平行、二维、快速、大容量运算,能处理及时,费用也较低。

实况表明:在同一地区内,同种森林类型,如果其他环境条件(比如环境照明条件)完全相同,那么它们应具有基本相同的地物结构与信息特征,因而相应的频谱分布也应该基本相同;但是如果环境条件不同(比如阴坡和阳坡),则因生长状况不一致,其影象的灰度、色调也存在着差别,因而同种类型不同环境条件的森林图象确实可能有不同的频谱,而且就某些环对应的频谱而言,这种差异可能还很显著。但是综观所有的环的频谱分布,这种差异并没有不同类种之间的频谱差异明显。因为它们的生长形态大体一致,故影象之间的频谱分布是相似的,即具有模糊性。另一方面,完全不同类型的森林,就某些环对应的频谱讲,可能有相同或十分接近的频谱,因而仅这些个别环对应的频谱而言,无法区别它们。但就所有环所对应的整个频谱分布来看,则不可能有完全相同的频谱分布,其中必然会有某些环对应的频谱差异很大。因而总的说来,其频谱分布差异是显著的。用光学频谱法来处理遥感图象正好能区分上述几种情况,这是本文所提出的方法具有的优越之处。

该文实例判读结果表明:同类型不同环境条件下的森林图象的频谱分布的相对差异约5%;而不同类型的森林图象的频谱分布的相对差异可达33%。

从表1或图2可见,对于同种类型不同环境条件的森林,其低频频谱部分(1—10环)

差异较明显,中、高频频谱部分比较接近;而完全不同的类型的森林,除某些环对应的频谱比较接近外,其余的频谱差异均较明显。因此,为了区分同类型不同环境的森林,选取低频分量比较为佳;若要区分不同类型的森林,则宜选取整个频谱进行比较,尤以选高、低频分量为佳。

该文所提出的频谱法仅用于标准样本的频谱已知情况下,识别出待识别样本的归属。如某地区中已知的几种森林的图象的频谱分布曲线已给出,而该地区内的航片上另一部分影象代表的是何种森林是待确定的,那么可用该方法将这部分影象的频谱与已知的几种森林的影象的频谱一一比较其差异,从而确定出待识森林的类型。

需要指出的是:该文所提出的方法仅仅是作为通过对航片影象的光学空间频谱的付里叶变换,并用模糊数学进行处理的一种识别方法和手段提出来的。为了看出上述方法的可行性,文中所给的结果均已为野外地面调查所验证。为了进一步完善该方法,还有待今后在应用中加以修正和充实。

参 考 文 献

- 日本遥感研究会编(龚君译) 1981 遥感原理概要。第75—88页。科学出版社。
赵焕卿等 1982 用于空间频谱分析的楔环阵列探测器的研制和特性。光学学报 2(5):458。
李继陶、陈祯培等 1984 遥感图象频谱的模糊相似优选处理。四川大学学报(自然版)(4):51—57。
汪培庄编 1983 模糊集合论及其应用。第317—320页。上海科学技术出版社。

FUZZY RECOGNITION OF DIRECTION INFORMATION ON DISTRIBUTION OF TYPES OF FOREST COMMUNITIES

Li Zuoyong

Chen Erping

(Chengdu Institute of Meteorology) (Shanxi Bureau of Meteorology, Xian)

Li Jitao Chen Zhenpei

(Sichuan University, Chengdu)

Based on the spectra curve which is gained by Fourier transform for remote sensing image of forests, this paper describes fuzzy similar relation between the spectra of directional information of different types of forests from Aerial photograph, and presents the method of fuzzy pattern recognition for remote sensing image of forests, by applying method of directional information comparison in fuzzy mathematics. At the same time, this paper gives the results which coincide with the practical case.