

论生态环境遥感图象识别的基础

王 铮 梅安新 刘树人 王学林

(华东师范大学, 上海)

(云南省计算中心, 昆明)

摘 要

本文提出一个新概念——遥感相, 它可应用于计算机识别生态环境。遥感相具有良好的概率特性, 因为它的地球资源卫星值是标准随机变量, 这个特性支持了贝叶斯(Bayes)分类器识别生态环境。一幅遥感相地图可以显示生态环境的各种景观单元, 每一生态环境包括静止无规分布于该地区的很多地面事物。

关键词: 生态环境, 遥感相, 图像分析。

一、前 言

一般的地学遥感分析, 其目的是为了识别某些地物和景观单元。工作路线是从地物识别开始, 然后由识别的地物构成遥感出的地学类型。这一路线要求组合地学类型的地物个体上至少大于一个遥感图象象元, 即占地要达到一个IFOV(瞬时视场观察域)。考虑到信息传输过程中的信息损失、人眼识别能力等因素, 则要求个体至少大于几个象元。如 MSS 的实际分辨率可达 $240 \times 240 \text{m}^2$, 相当于 9 个象元。这种识别方法在生态环境类型的图象分析中失去了意义。因为生态环境景观由众多地物构成, 而且这些地物(如植被群丛、土壤变种、岩石等)往往在个体上达不到一个象元的尺度, 而且地物在遥感尺度的宏观观察下是随机(或无规)组合的, 它使生态环境景观单元呈现了一种整体性。因此, 在许多情况下遥感图象识别工作者乐于采用贝叶斯分类器, 并认定地物或识别物的遥感光谱分布是正态分布。目前国内外流行的遥感图象分析处理系统都采用了这一假设编制软件, 这样处理在技术上较为方便^[1]。

本文探讨了在遥感图象分析生态环境景观进而识别生态环境类型时的模式识别、图象分析基础。并进一步阐明计算机统计模式识别的理论基础在什么限度下成立, 以便识别生态环境时的应用。

二、试验区环境与试验方法

1. 样地选择 在昆明地区选择了16个生态环境试验区。昆明地理环境结构复杂, 强烈的地貌地质分异产生了众多的生态环境类型。本区包括了四种气候带, 八种以上主要岩石和现代沉积物, 六种以上土壤变种和众多的植被类型。地貌上分异为山地、丘陵和平原^[2]。该地区水土流失严重^[3]。此外该区为高原环境, 大气干扰较平原区小; 气候具“四季如春”的特点, 日均温、空气湿度年差小, 有利于排除季节干扰。

以下给出了16个环境中的 7 个典型类型,

(1)丘陵山地草坡 在该环境内有大量的草地;

(2)中山山地疏灌草坡:在昆明地区这类环境内的地物是随机均布的。一个象元范围内的各种植物、裸土、裸岩比例大致稳定,多分布于人类活动中等程度地区。其景观仅为一个相;

(3)湖积冲积平原农田环境:分布于滇池东岸。大面积的蚕豆和小麦各自构成不同的农作区,其中有油菜等蔬菜地掺入。理论上应表现为两个相,或更为复杂;

(4)昆明市区东部和东郊地区(不属准确意义上的生态环境):东部为昆明新兴市区,多高层建筑,形成了若干建筑群。其外为农田。主要是蔬菜地。再外侧为若干工业小区,建筑物较低,场地多,位于山坡地段;

(5)中山山地针叶林——阔叶林环境:位于昆明西部山区,人为破坏少。由于生境不同,针叶林、阔叶林各自在一个小地域内形成优势群落。有的地段二者构成了混交林。土种、岩性变化小。但不同林地内裸岩暴露程度有差异,林分质量也不一致;

(6)石灰岩裸露区灌木林环境:这种类型中石灰岩、灌木地与小片农田成簇地分布在一定的地域内。多分布于人类活动强烈区,属于中等退化区;

(7)水环境:位于滇池中部,水深约4—5米。

2. 资料来源

实验采用的遥感数据是泰国地面卫星资料接受站提供的1985年12月18日Landsat 5的MSS数据(野外考察时间为1986年,该资料是当时国内所能获得的最新资料)。图象的投影几何畸变已经过精细校正。

3. 理论分析

从理论上讲,生态环境遥感图象识别主要存在以下两个问题(简称存在性问题和唯一性问题)。(1)是否存在这样的生态环境景观单元,它在特定方式下的遥感数据是正态随机变量;(2)某些遥感图象单元,遥感数据具有共同的概率分布,它们在环境生态学意义下是否具有共同的意义。

F. Ulaby等(1982)^[4]研究的36个样区中包括了多种地物。对Landsat数据来说,单一地物的遥感数据为正态分布。由这些单一地物随机(指的遥感大尺度观察下)组合的生态环境景观,具有何种分布,即存在性问题的另一提法,本文称之为“Ulaby现象”。

我们首先引入“地物均匀掺混”的概念(指对某种遥感图象分析对象来说,它的景观在地面上由两种以上地物构成。从遥感观察的意义上看,是随机分布的,而且在每个IFOV内各种地物的面积比是大致稳定的,而不是呈现系统性的演化)。例如一片山地,其中各种草种和裸土构成了随机分布。只要基本的地质类型不变,则草种、裸土所占的比例大致稳定。如果发生了比例的变化,则把这种景观对象分为不同类型。构成生态环境景观的许多地学单元具有“地物均匀掺混”的性质。在我们的实验区内有大片的草、裸土和灰岩露头“均匀掺混”的景观出现。林地、农田、湖泊等都可以按“均匀单元”划分。

此外,组成生态环境的基元——地物的个体几何尺度远大于遥感波长,所以地物的散射是米(Mie)散射。IFOV的总散射截面就是各散射元截面之和^[5],即总的地面IFOV的反射功率。也是各地物反射功率之和。于是关于波长 λ 的IFOV散射截面为:

$$P(\lambda) = \sum_{i=1}^n S_i \sigma_i(\lambda) \quad (1)$$

其中 S_i 为第 i 种地物在IFOV内所占的面积; σ_i 为第 i 种地物散射截面。

$R(\lambda)$ 是给定景观单元的关于波长 λ 的遥感值, 则有^[6,7]:

$$R(\lambda) = \sum_{i=1}^n \pi_i r_i(\lambda) \quad (2)$$

其中 π_i 为第 i 种地物的面积比重, 由“均匀掺混”假设在给定的景观单元内的一组常数, 只与景观单元有关; $r_i(\lambda)$ 是第 i 种地物关于波长 λ 的遥感观察值。

本文还引用了概率论中的一个结论作为引理^[8], 即: 设 $\{r_i\}$ 是 m 个相互独立的, 且服从 $N(\mu_i, \sigma_i^2)$ 分布的正态随机变量, 则 $\{r_i\}$ 的组性组合 $R = \sum_{i=1}^m \pi_i r_i$ 的分布是 $N(\mu, \sigma^2)$, 其

中 $\mu = \sum_{i=1}^m \pi_i \mu_i$, $\sigma^2 = \sum_{i=1}^m \pi_i^2 \sigma_i^2$ 这说明了 R 也是正态随机变量。由此得知: 由于(2)式的成立

和 Ulaby 现象的普适性, 故景观单元的遥感观察值 $R(\lambda)$ 是正态随机变量。鉴于生态环境景观可以由具有“地物均匀掺混”的某种景观单元组合而成, 所以生态环境景观单元遥感值服从正态分布, 并命名这种景观单元为遥感相(Remote sensing phase)。必须强调, 遥感相不具各直接的环境生态学单元意义, 它只是生态环境的景观单元的遥感观察结果, 是在遥感映射下的生态环境景观单元的同构物。它在宏观观察意义下具有统一特性, 而从微观的生态环境结构分析来说, 它的实际对应物在特性上可能表现出种种差异。“相”(phase)在物理化学中指的是粒子构成的一个具有宏观统一特性的均匀掺混体系, 与本文引入的相意义一致。上述讨论证明: 生态环境景观切实存在遥感光谱意义上的环境单元——相, 它的遥感光谱值服从正态分布。

由引理发现, 只要 $\{\pi_i, \mu_i\}$ 与 $\{\pi_j, \mu_j\}$ 适当组合, 两种不同的相($i \neq j$)可能产生相同的数学期望 μ 。这时从统计分布的角度看, 两种相就可能混为一类。由于图象中同时出现几种相, 当 μ_i 与 μ_j 接近相等时, 就可能出现两种相的分布混在一起的情况, 所以两个统计总体形成了一个峰的随机分布群体。当两个正态总体的 $|\mu_1 - \mu_2| < \min\{\sigma_1, \sigma_2\}$ 时, 两个总体的统计直方图只出现一个峰, 对它们的贝叶斯分类失败^[9]。对于生态环境遥感观测, 只要景观单元的 $\{\pi_i, \mu_i, \sigma_i\}$ 和 $\{\pi_j, \mu_j, \sigma_j\}$ 组合满足条件 $|\mu_1 - \mu_2| < \min\{\sigma_1, \sigma_2\}$ 则生态环境景观单元对遥感单元——遥感相的唯一性破坏了。这就是说在生态环境遥感中存在“同相异单元”现象, 这类似于地物的“同谱异物”现象。遥感相与地域上的景观单元的唯一对应性只在一定条件下成立。

三、研究结果与讨论

为了探讨生态环境的光谱遥感观察值的经验分布是否与上述理论分析一致。我们对昆明16个生态环境做了检验。检验是采用柯尔莫哥洛夫检验(记为 D_n 检验)和 $\chi^2(n)$ 检验方法。表1给出了16个环境中的7个典型类型的检验结果。

在表1中, 检验下显著的被认为来自一个正态总体。在均值 $\pm 2\sigma$ 范围内的正态曲线坐标系中的直线段数, 表明了来自正态总体的个数。 D_n 检验、 χ^2 检验属参数检验。曲线拟合属

表 1 各种环境遥感观察值分布检验结果
Table 1 The testing results of the distributions of remote sensing values of various environment types

环境	D _n 检验	X 检验	曲线拟合直线段数
1	***	**	1
2	**	*	1
3	0	0	2
4	0	0	3
5	0	0	3
6	0	0	3
7	标准差近为零	**	标准差近为零

表中 *** 为 0.01 显著水平下有效; ** 为 0.05 显著水平下有效; * 为 0.1 显著水平下有效; 0 为不显著; D_n 检验: 标准差近为零, 检验失败; 曲线拟合直线段数: 标准差近为零, 近似点分布。环境: 1. 丘陵山地草坡环境; 2. 中山山地灌木草坡环境; 3. 湖积冲积平原农田环境; 4. 昆明市市区东部和东郊地区; 5. 中山山地针叶林-阔叶林环境; 6. 石灰岩裸露区灌木林环境; 7. 水环境。

特别是以相为基础来分析作为一个系统的生态环境的内部机制, 可避开传统分析的某些难点。

为了进一步探讨识别相进而识别生态环境的可行性, 我们对昆明地区的生态环境类型作了计算机识别研究。其工作方法是将原如图象作某些线性处理, 包括化作绿度图象 GV^[10]、主因子图象 L₁。由于是线性变换, 不会破坏相的遥感观察值的正态性。通过计算机我们共识别了 21 种相类型, 根据这些相识别图, 人工参考了昆明地区各种生态环境的相结构, 得出该区 3 类 12 型的水土流失状况图。从而研究生态环境退化程度^[11]。对基本相单元如阔叶林地、退化草坡等的识别结果与云南地理研究所卢培泽等由野外考察而绘制出的土地资源图、土地利用图的描述趋于一致, 分类结果也令人满意。而且还对野外考察时未能全面观察到或准确丈量的区域较小的退化草场、疏林地、石质山坡、麦地等提供了有效的描述。为生态环境景观的地域定界提供了定量的基础资料。

应用遥感图象识别生态环境, 其基础是遥感相。遥感相是利用正态分布为假定的贝叶斯分类器识别出来的。或者说是遥感科学工作者利用贝叶斯分类所作的图象分析, 其识别出来的单元, 正是对应于生态环境景观单元的遥感相。

参 考 文 献

- [1] Berger, J.O., 1980, Statistical Decision Theory, 133—137, Springer-Verlag, New York.
- [2] 云南省国土处, 1987, 云南省不同气候带和坡度的土地面积, 云南人民出版社。
- [3] 王 铮, 1984, 利用卫片分析滇池地区水土流失, 云南环保 (2): 30—33。
- [4] Ulaby F.T., et al., 1982, Crop Classification Using Airborne Radar and LANDSAT Data, IEEE Trans, GE 20(1): 42—51.
- [5] 杰克逊, 1978, 《经典电动力学》, 第 459—461 页, 人民教育出版社。
- [6] Lemington, R.K., et al., 1984, A Mixture Model Approach for Estimating Crop Areas from LANDSAT Data, Remote Sensing of Environment, 14(1—3): 20.
- [7] Chikara, R.S., 1984, Effect of Mixed Pixels on Crop Proportion Estimation, Remote Sensing of Environment, 14(1—3): 27.

非参数检验, 二者相辅^[6]。

表 1 说明: 相的概念是正确的。在地面生态环境景观表现为一致时, 只出现一个相; 景观分异明显的生态环境内, 表现出几个相的存在。在水“环境”这种单一地物出现的地域内, 随时性明显地消失了。而城市“环境”, 相的个数正好与城市的地域分异个数一致。

由于相的存在, 应用贝叶斯正态分类器识别相在理论上正确, 在实践上可行, 生态环境的机器识别就有了基础。在应用中, 可先在图象的机器分析时识别出相, 再由人工或计算机专家系统根据环境生态学理论, 把不同的相结合起来, 从而确定各种生态环境的地域分布。此外, 从理论发展的角度看, 可由遥感相的多少, 对实际的生态环境结构复杂性进行分类。

这种分类对生态环境景观分析是有意义的, 特

- [8] 复旦大学, 1979, 概率论(第2册第1分册), 第23—24页, 人民教育出版社。
[9] 王 铮, 1989, BANDC——适合从遥感图象识别地理环境的分类器, 信息与控制 17(6): 15—20。
[10] 王 铮等, 1989, 利用计算机从遥感图象识别植被类型的理论研究, 植物生态与地植物学报 13(2): 184—189。
[11] 王 铮等, 1990, 水土流失状况遥感分析与地貌系统辨识, 水土保持学报 4(2): 75—78。

FUNDAMENTAL OF RECOGNITION OF ECOLOGICAL ENVIRONMENT FROM REMOTE SENSING IMAGES

Wang Zheng Mei Anxin Liu Shuren
(East China Normal University, Shanghai)

Wang Xuelin
(Yunnan Province Computation center, Kunming)

Remote Sensing Phase——a new concept has been developed, which as a basic thing can be applied to recognizing ecological environment with a computer. A remote sensing phase has a excellent probability characteristic for its Landsat's value being normal stochastic variable, and this characteristic provides Bayes classifier to recognize elements of ecological environment. A remote sensing phase map can show the elements of landscape of ecological environment including many ground things distributed in the area with stationary random.

Key words: ecological environment, images analysis, remote sensing phase.