

# 小区植被覆盖度动态快速测量方法研究

章文波<sup>1</sup>, 刘宝元<sup>1</sup>, 吴敬东<sup>2</sup>

(1. 北京师范大学 资源与环境科学系, 北京 100875; 2. 北京市水利局, 北京 100044)

**摘要:** 选择北京密云、怀柔的2块农地作为样地, 对照相法测量植被覆盖度的效果进行了分析, 并将之与目估法进行了对比。结果显示照相结合数字图像处理计算植被覆盖度的方法便捷客观, 计算植被覆盖度的最大绝对误差不到5%, 而目估法测量植被覆盖度具有明显的不可靠性, 不同人的目估结果有明显差异。图像分类计算覆盖度的最大误差只相当于个人目估最大绝对误差的10.9%, 相当于7人目估平均最大绝对误差的43.1%。

**关键词:** 植被覆盖度; 照相法; 目估法; 图像处理

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2001)06-0060-04

中图分类号: S75

## Monitoring of Plant Coverage of Plots by Visual Estimation and Overhead Photograph

ZHANG Wen-bo<sup>1</sup>, LIU Bao-yuan<sup>1</sup>, WU Jing-dong<sup>2</sup>

(1. Department of Resource and Environment Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, PRC;

2. Beijing Institution of Water Science, Beijing 100044, PRC)

**Abstract** Plant coverage is a very important ecological index and it is essential for predicting soil loss quantitatively. The plant coverage of two fields located in Beijing city was measured periodically in order to analyze the errors of overhead photograph and visual estimation for plant coverage. The results showed that the overhead photograph combined image processing was an accurate and fast method, and the maximal absolute error was less than 5%. The plant coverage estimated by different persons have significant difference. The individual maximal absolute error was up to 40% and average maximal absolute error for 7 persons was up to 10.2%.

**Keywords** plant coverage; overhead photograph; visual estimation; image processing

植被覆盖度是一个重要的生态学参数, 是很多土壤侵蚀预报模型中的一个基本输入变量, 如美国通用土壤流失方程 (USLE)<sup>[1]</sup>、修正通用土壤流失方程 (RUSLE)<sup>[2]</sup>、荷兰 Limburg 土壤侵蚀模型 Lisem<sup>[3,4]</sup> 等, 其测量准确与否对土壤侵蚀预报精度影响很大。

小区植被覆盖度的测量方法很多, 按其原理可分为3类。第1类指目估法, 它是常用的植被覆盖测量方法, 其优点是简单易行, 但主观随意性大, 目估精度与测量人的经验密切相关。如果在植物生长季节内进行植被覆盖动态监测, 目估植被覆盖度的人为差异甚至可能大于植被覆盖度本身的变化, 给植被覆盖变化的动态分析带来很大困难。第2类方法有正方形视点框架法<sup>[5]</sup>、阴影法 (meter-stick)<sup>[6]</sup>、点测法<sup>[7]</sup>和网格法<sup>[8,9]</sup>等, 其特点是对选定的地块, 按一定方法等距不连续采样, 其中出现植被的样数占总样数的比值即为植被覆盖度, 该类方法只针对一定的植被类型或要求

在一定时间进行段目测量, 其具体应用仍然存在一定局限性。第3类方法有空间定量计法 SQS (spatial quantum sensor)、移动光量计法 TQS (traversing quantum sell) 和照相法等<sup>[6]</sup>, 其原理都是利用传感器测量光通过植被层的状况计算覆盖度, 其中 SQS 和 TQS 方法都要求有专用的传感器设备, 在野外操作起来也不是很方便。

传统照相法是垂直照相后解译出植被类型, 最后在透明方格纸上以植被覆盖占的方格数与总方格数之比来计算植被覆盖度, 资料的处理计算比较烦琐费时。数字图像处理技术及摄影技术的快速发展, 使得利用照相方法测量植被覆盖度有可能成为一种方便快捷、适用范围广的方法。本文目的是发展一种应用照相法结合数字图像处理技术快速测量植被覆盖度的方法, 并将结果与目估法测量小区植被覆盖度的效果进行对比分析。

收稿日期: 2001-07-03

资助项目: 国家杰出青年基金项目 (49725103); 北京市“山区小流域治理及可持续发展示范研究”

作者简介: 章文波 (1971-), 男 (汉族), 湖南长沙人, 博士。主要从事水土保持与土地资源管理, 环境演变与自然灾害等方面的研究工作。电话 (010) 62209959, E-mail: zwb1998@263.net

# 1 资料和方法

## 1.1 野外小区植被观测

在北京怀柔东台沟及密云石匣水土保持示范区内选择了 2 块农地作为样地进行实验观测, 作物类型分别为玉米及玉米套种大豆。样地植被覆盖的动态监测采用垂直照相法和目估法进行。野外垂直照相要求把相机固定在一定的高度, 并使镜头在照相时保持水平状态, 为此设计了一个轻巧、便于携带的野外照相装置: 一根可伸缩的套杆安装在一个三角架顶部, 套杆顶端垂下一个长方形铝盒, 在重力作用下保持水平, 盒中放置照相机, 相机镜头垂直朝下; 三角架顶部的套杆可上下左右任意地转动, 这样相机距地面高度可根据套杆与三角架的夹角和套杆长度来调节; 套杆由碳素钢结构钓鱼竿改装制作而成, 轻巧又有强度, 方便野外携带及操作, 套杆总长要求在 6 m 以上。由于是在地面操控悬吊起来的相机, 要求相机带有遥控装置。采用带遥控装置的数码相机最适宜, 我们选用的奥林巴斯全自动光学相机, 遥控器作用距离 5~7 m。样地植被覆盖度测量从 1999 年 5 月 5 日到同年的 7 月 19 日, 每周进行一次, 由 2 人协同进行垂直照相, 同时协商目估植被覆盖度。垂直照相时固定焦距为 28 mm, 相机距地表高度固定为 4.5 m 左右。

对得到的 2 样地 12 幅彩色图像进行分析, 最后选择怀柔 1999 年 7 月 5~19 日的 6 幅图像及密云 6 月 2 日的 6 幅图像共 12 张组成一个植被覆盖变化系列, 作为分析样本。由于照相属中心投影, 边缘变形较大, 因此对

图像进行预处理, 切除相片的边缘部分, 即当相片横着放置时, 左右两边分别平行截除 20% 的长度, 上下两边分别平行地截除 1% 的长度, 图像所剩余部分相当于原图像面积的 45.6%。

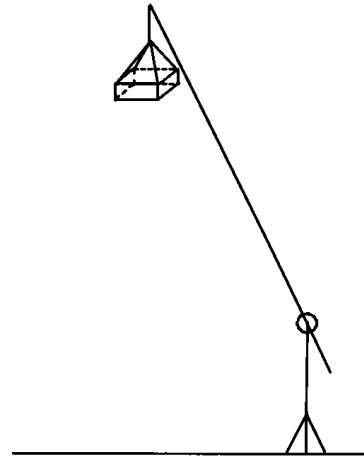


图 1 照相装置示意图

## 1.2 植被信息自动提取

将样地图像扫描输入计算机以后, 首先对它们进行 IHS 彩色变换, 可以分别得到色调图像  $H$ 、亮度图像  $I$  以及饱和度图像  $S$ 。IHS 是相对 RGB 之外的另一种颜色模式, 具有比较独特的地物信息提取和信息综合能力, 许多专家学者在地质、矿产、城市遥感等领域对 IHS 彩色变换做了探索性的应用研究, 并取得了较好的成果<sup>[10, 11]</sup>。采用彩色变换的色度坐标模型如表 1 所示<sup>[10]</sup>。

表 1 IHS 彩色变换模型

条 件	计 算 公 式		
$R = G = B$	$I = (R + G + B) / 3$	$H = 0$	$S = 0$
$\text{Min}(R, G, B) = B$	$I = (R + G + B) / 3$	$H = (G - B) / [3(I - R)] * 85$	$S = (1 - B/I) * 255$
$\text{Min}(R, G, B) = R$	$I = (R + G + B) / 3$	$H = \{(G - B) / [3(I - R)] + 1\} * 85$	$S = (1 - R/I) * 255$
$\text{Min}(R, G, B) = G$	$I = (R + G + B) / 3$	$H = \{(G - B) / [3(I - R)] + 2\} * 85$	$S = (1 - G/I) * 255$

色调图像的特征是使地物信息得到综合, 裸地与植被区别更加明显, 并且植被形成的阴影也得到了区分。亮度图像显示了不同地物的细微差别, 整体而言植被颜色较深而裸地颜色较浅。饱和度图像中, 比较幼嫩的叶片和植被在裸地上形成的阴影部分得到了突出。图像处理的最终目的是提取小区植被覆盖信息并计算植被覆盖度。照相法获取的图像比例尺大, 地物类型简单, 一般只含植被与裸地 2 类, 能清晰地目视识别地物类型, 这使得有监督分类训练区的选取变得简单容易很多。以彩色变换后的色调、饱和度、亮度

图像作为待分类图像, 采用概率松弛法<sup>[12]</sup>进行分类, 并根据分类结果计算出小区图像的植被覆盖度。裸地根据土壤含水量大小一般划分为 2~3 类, 如果存在裸地阴影则将其作为一类; 植被根据植被类型和颜色深浅一般划分为 2~4 类, 如果存在植被阴影则将其作为一类。

以 C++ Builder 作为编程工具, 开发了图像处理自动计算植被覆盖度的软件, 其中图像分类前训练区的选取和光谱特征提取调用了栅格 GIS 软件 IDRISI 中的 DIGITIZE 和 MAKESIG 模块。为进行对比分

析,需要知道样地的实际植被覆盖度。在 Adobe Photoshop 5.0 软件环境下,对样地图像进行目视解译,计算得到植被覆盖度,并将之当作样地的实际植被覆盖度(见表2)。

### 1.3 目估植被覆盖度试验

参与目估试验的共有7人(他们分别是自然地理学专业的在读硕士、博士研究生或自然地理学的科教人员),对于所选定样地的7幅图像随机拟定一个顺序后,根据这个顺序每人独立地进行目估测量,得到样地的目估植被覆盖度值,植被覆盖度目视观测的结果统计见表2。

表2 植被覆盖度目视观测的结果统计

观测日期	图像编号	实际值	图像分类计算值	野外目估值	目估图像覆盖度均值
1999-05-05	1	0.1	0.2	2	1.5
1999-05-21	2	5.3	5.4	10	6.9
1999-06-04	3	19.6	17.3	15	11.6
1999-06-22	4	44.6	40.2	50	46.4
1999-07-05	5	51.2	54.3	70	41.0
1999-07-19	6	52.3	55.6	80	42.6
1999-06-22	7	92.0	91.6	80	86.7

注:植被覆盖度观测地点为怀柔县东台沟和密云县石匣。

## 2 结果分析

利用照相法获得植被覆盖信息,采用图像分类计算得到的植被覆盖度结果见表2可以看出,图像分类计算得到的植被覆盖度动态变化与实际覆盖度的动态变化十分近似(图2),图像分类计算覆盖度的绝对误差在0.1%~4.4%之间。

高质量的照相成像有利于提高图像分类的精度,进行图像处理时发现尽管采用的图像分类方法能够识别植被阴影,但对结果还是有一定的影响,因此进行照相监测的时间应当避免在早晨或傍晚进行,同时垂直照相时一定要使相机保持稳定,并避免曝光过度或曝光不足问题。怀柔县东台沟样地6月22号图像的分类误差最大,达到4.4%,这与该图像的曝光过度有关,使得图像中部分叶片表现为亮白色,与裸露地表的光谱颜色类似。怀柔县东台沟样地5月5号图像由于作物播种不久,只有小部分作物种子已发芽并出露于地表,这使得分类时训练区的选取比较困难,由于植被覆盖的盖度极小,在实际应用时可直接给定一个极小值。

目估法测量植被覆盖度具有明显的不稳定性和不可靠性,不同人的目估值有明显差异,其中一些人

目估值明显偏大,一些人目估值明显偏小,也有的相对比较准确,单个人目估覆盖度的最大绝对误差在11.2%~40.4%之间,并且目估误差与目估对象的实际植被覆盖度大小有关,当实际覆盖度中等大小时的目估误差相对较大(图3)。采用基于成对样本的t检验法<sup>[13]</sup>,对个人目估覆盖度之间以及个人目估覆盖度与实际覆盖度之间的差异是否显著进行检验,结果显示在置信水平 $\alpha \leq 0.05$ 时,一部分人员之间的目估结果有显著差异,一部分人员的目估值与实际值也有显著差异(表3)。野外实地目估由2人协商进行,其结果可以看作是2人目估结果的平均,最大绝对误差达到27.7%。

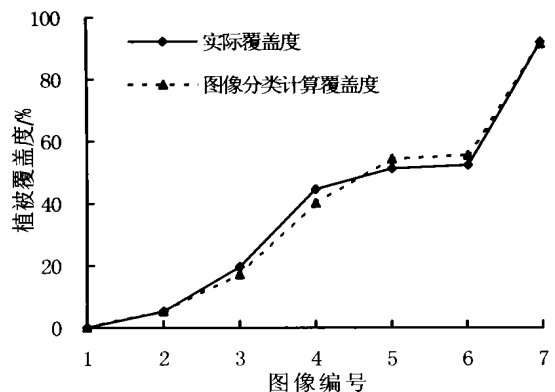


图2 图像分类计算植被覆盖度与实际覆盖度比较

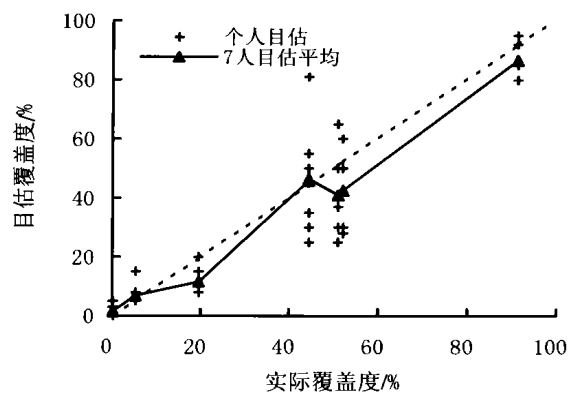


图3 7人目估图像植被覆盖度效果图

对目估测量所得的植被覆盖度结果与图像分类计算结果进行比较,采用图像分类方法计算植被覆盖度更客观可靠,计算结果与实际覆盖度更接近。图像分类计算覆盖度的最大误差为4.4%,只相当于个人目估最大绝对误差的10.9%,相当于7个人目估平均最大绝对误差的43.1%。实际应用目估法测量植被覆盖度时,可能既不是单个人的目估,也不一定是7个人目估的平均。

表 3 不同植被覆盖度序列之间的成对样本检验的  $t$  值<sup>①</sup>

植被覆盖度序号	实际覆盖度	人员 1 目估值	人员 2 目估值	人员 3 目估值	人员 4 目估值	人员 5 目估值	人员 5 目估值	人员 6 目估值
实际覆盖度	-	1.18	2.40	-2.23	1.55	2.94 <sup>②</sup>	1.62	3.18 <sup>②</sup>
人员 1 目估	-1.18	-	1.05	-3.12 <sup>②</sup>	0.31	0.96	1.55	2.32
人员 2 目估	-2.40	-1.05	-	-2.85 <sup>②</sup>	-1.13	-0.55	0.05	1.59
人员 3 目估	2.23	3.12 <sup>②</sup>	2.85 <sup>②</sup>	-	3.00 <sup>②</sup>	2.83 <sup>②</sup>	3.77 <sup>②</sup>	3.12 <sup>②</sup>
人员 4 目估	-1.55	-0.31	1.13	-3.00 <sup>②</sup>	-	1.29	1.21	2.51 <sup>②</sup>
人员 5 目估	-2.94 <sup>②</sup>	-0.96	0.55	-2.83 <sup>②</sup>	-1.29	-	0.45	1.86
人员 6 目估	-1.62	-1.55	-0.05	-3.77 <sup>②</sup>	-1.21	-0.45	-	0.91
人员 7 目估	-3.18 <sup>②</sup>	-2.32	-1.59	-3.12 <sup>②</sup>	-2.51 <sup>②</sup>	-1.86	-0.91	-

注: ① 成对样本  $T$  检验, 在置信水平  $T$  为 0.05 时, 临界值  $t_{12}(6) = 2.45$ ; ② 表示在置信水平为 0.05 时差异显著。

当目估人数分别为 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30 时, 多人目估均值最大误差分别为 25.4%, 23.0%, 21.2%, 19.8%, 18.2%, 15.5%, 12%, 5.2%<sup>[14]</sup>。图像分类计算覆盖度最大误差与 30 人目估平均最大误差比较接近, 但在野外植被覆盖度的实际测量应用中, 采用增加人数来提高目估精度的条件很难得到满足。

### 3 结 论

利用照相法结合数字图像处理计算植被覆盖度的方法客观便捷, 适用性强, 计算植被覆盖度的最大绝对误差不到 5%。目估法测量植被覆盖度具有明显的不可靠性, 不同人的目估值有明显差异, 个人目估覆盖度的最大绝对误差在 11.2%~40.4% 之间, 与目估法相比, 图像分类计算覆盖度的最大误差只相当于个人目估最大绝对误差的 10.9%, 相当于 7 人目估平均最大绝对误差的 43.1%。

在具体实施照相法时, 要注意保证照相的质量。如果小区面积较大, 可采取多次照相方法获取植被覆盖信息 (小区植被覆盖度相应几幅图像覆盖度的平均值), 这样有利于提高图像分类计算植被覆盖度的精度。如果要处理的图像较少, 也可直接进行人机交互解译, 这样计算得到的植被覆盖度更可靠。

#### [ 参 考 文 献 ]

[1] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning [M]. Agriculture Handbook No. 537. Washington: U S Dep Agric, 1978. 17-34.

[2] Renard K G, Foster G R, Weesies G A, et al. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE) [M]. Agriculture Handbook No. 703. Washington: U S Dep Agric, 1997. 147-175.

[3] De Roo A P J, Offermans R J E, Cremers D T. LISEM: a single-event physically-based hydrological and soil erosion model for drainage basins I theory, input and output [J]. Hydrological Processes, 1996(10): 1107.

[4] De Roo A P J Offermans R J E, Cremers D T. LISEM: a single-event physically-based hydrological and soil erosion model for drainage basins II sensitivity analysis, validation and application [J]. Hydrological Processes, 1996 (10): 1119.

[5] 拉尔. R. 土壤侵蚀研究方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1991. 157-170.

[6] Adams J E, Arkin G F. A light interception method for measuring row crop ground cover [J]. Soil Science Society of America Journal, 1977, 41(4): 789-792.

[7] 张光辉, 梁一民. 黄土丘陵人工草地径流起始时间研究 [J]. 水土保持学报, 1995, 9(3): 78-83.

[8] 卜兆宏, 赵宏夫, 刘绍清, 等. 用于土壤流失量遥感监测的植被因子算式的初步研究 [J]. 遥感技术与应用, 1993, 8(4): 16-22.

[9] 罗伟祥, 白立强, 宋西德, 等. 不同覆盖度林地和草地的径流量与冲刷量 [J]. 水土保持学报, 1990, 4(1): 30-34.

[10] 李旭文. 主成分变换和彩色变换在 TM 图像信息提取中的应用——以苏州市为例 [J]. 环境遥感, 1992(4): 251-259.

[11] 赵元洪. 彩色变换及其在浙江括苍山的应用研究 [J]. 环境遥感, 1990(1): 72-80.

[12] 郑兴年, 胡保新, 崔伟宏. 大城市边缘区土地利用动态遥感试验研究——以北京市朝阳区为例 [J]. 地理科学, 1995, 15(1): 47-54.

[13] 盛骤, 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1994. 200-202.

[14] 章文波, 符素华, 刘宝元. 目估法测量植被覆盖度的精度分析 [J]. 北京师范大学学报 (自然科学版), 2001, 37 (3): 402-408.