

植被覆盖度的照相测量及其自动计算

章文波¹, 路炳军², 石伟¹

(1. 北京师范大学 地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 2. 北京市水土保持工作站, 北京 100038)

摘要: 植被覆盖度是描述陆地表面植被特征的一个重要参数。快速准确的测量植被覆盖度, 对研究植被覆盖与土壤侵蚀关系, 植被覆盖的水土保持效益, 以及土壤侵蚀预报等具有重要意义。在多年实践的基础上研制出的便携型植被覆盖度摄影仪, 适用于野外平地或山坡的植被覆盖度的照相测量, 能方便地调节相机距地表面高度和增强相机的拍摄稳定性。同时开发了便携型植被覆盖度摄影仪的配套软件——植被覆盖度自动计算系统(PCOVER), 能对获取的植被图像进行自动判读并估算植被覆盖度, 实际应用显示有很好的判读精度。

关键词: 植被覆盖度; 垂直照相; 自动判读; 颜色分量

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2009)02-0039-04

中图分类号: X830.2, S157

Determination of Vegetation Coverage By Photograph and Automatic Calculation

ZHANG Wen-bo¹, LU Bing-jun², SHI Wei¹

(1. College of Geography and Remote Sensing Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. The Centre of Soil and Water Conservation in Beijing, Beijing 100038, China)

Abstract: Coverage is a very important parameter for describing the vegetation characteristics of land surface. Determining vegetation coverage quickly and exactly is important to research the relationship between vegetation coverage and soil erosion, benefit of soil and water conservation from vegetation coverage, and prediction of soil erosion. The portable photographic instruments for vegetation coverage, which had been developed through several years' practice, was adaptive to determine vegetation coverage by vertical photograph on the flat and sloping field, and could regulate the height from camera to land, enhance the stability of camera. Meanwhile, the matching software of portable photographic instruments PCOVER was developed, which could identify the vegetation from photograph automatically and calculate the vegetation coverage accurately. And it had been proved exactly in practice.

Keywords: vegetation coverage; vertical photograph; automatic interpretation; color components

植被覆盖具有截留降雨, 削减径流, 保水固土等生态功能, 是影响土壤侵蚀的重要因素, 同时植被覆盖易受人类活动作用而发生变化。植被覆盖度指观测区域内植被垂直投影面积占地表面积的百分比, 是描述陆地表面植被生长状况的一个重要量化指标, 也是指示生态环境变化的一个重要参数。在全球和区域变化监测的很多研究中都要用到量化的植被覆盖度信息^[1]。

大量的实验观测和研究显示, 在其它条件一定时, 土壤侵蚀量与植被覆盖度具有显著的负相关关系^[2-3]。由于侵蚀试验小区资料常常不足, 在应用土壤侵蚀预报模型 USLE^[4] 或 RUSLE^[5] 时, 不少学者曾尝试过利用植被覆盖度来估算植被覆盖与管理因子 C^[6-9]。

地表植被覆盖度的实测方法很多, 有目估法、正方形视点框架法、阴影法(meter-stick)、点测法、网格法、空间定量计法 SQS(spatial quantum sensor)、移动光量计法 TQS(traversing quantum sell)和照相机法等^[10-11]等。随着摄影技术特别是数码摄影技术的发展, 主流相机由光学相机逐渐转向数码相机, 且数码相机的像素越来越高, 而价格越来越低廉。近年来照相机测量植被覆盖度逐渐成为被人们认可的一种方法, 并成为遥感等现代测量的可靠辅助和检验手段^[12]。水平地和坡地上的垂直照相试验显示, 照相机测量植被覆盖度是可行的^[13]。

为对地表植被进行向下的垂直照相, 必须使相机上升到距离地表的一定高度。手持照相机高度不够, 而通过手持长竿挑起带遥控器的照相机垂直拍摄地

收稿日期: 2008-08-12

修回日期: 2008-12-01

资助项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2007CB407204); 国家自然科学基金项目(40201030)

作者简介: 章文波(1971—), 男(汉族), 博士, 湖南省长沙市人, 副教授, 主要从事土壤侵蚀及水土保持方面研究。E-mail: zwb1998@263.net。

面,费力且照相机很不稳定。利用可伸缩的钓鱼套杆作为长竿挑起照相机,再将长竿固定到一个三角架上进行拍摄^[11],虽然节省人力,但细长的套杆易折,套杆端部弯曲厉害,颤动严重,所拍摄的照片易产生模糊现象。照相法测量植被覆盖度的另一个关键是针对摄影图像,快速准确地估算植被覆盖度。一个简单估算方法是将冲洗出的照片蒙上透明方格纸,统计植被覆盖占的方格数与总方格数之比来计算植被覆盖度^[14],或者借助图像处理软件对数字植被图像目视解译,但这种方法费时费力,效率低,不适合用于大量植被图像的处理计算。鉴于摄影获取的植被图像比例尺大,地物类型简单,可采用图像监督分类法来识别植被类型^[11],缺点是需要专业人员参与,结果易受人为因素影响。照相获取的植被图像为真彩色图像,也有学者利用图像中植被类型的颜色特征,即红(R)、绿(G)、蓝(B)分量颜色的相对大小关系来识别植被类型^[12],但关系式中一般含有相关参数,确定比较困难。

设计一种稳定可靠,操作方便的仪器装置进行垂直照相,获取植被覆盖图像,并为之开发配套软件,快速、准确地估算植被覆盖度,对监测地表植被覆盖变化,进行植被覆盖的相关侵蚀试验研究,以及相关生态环境变化研究等具有重要意义。

1 便携型植被覆盖度摄影仪的设计和制作

1.1 仪器设计

为了对作物、草地等植被类型进行向下垂直照相测量植被覆盖度,早在 1999 年就曾经设计有野外垂直照相装置,由碳素钢材质的钓鱼竿改装制作成可伸缩套管,安装在一个三角架上,套杆顶端悬挂一个长方形铝盒^[11]。经过对该照相装置的多年应用实践,总结经验并不断改进,最终形成了新的便携型植被覆盖度摄影仪(图 1)。长竿由 4~6 根 1 m 长的铝合金材质的圆杆通过螺母连接而成,长竿末端悬挂一个皮质的方盒,带遥控器的数码相机置于盒中,镜头水平朝下;三角支架的 3 个支腿下端都装有螺钉和小踏板,方便在地表固定,有效增强支架的稳定性;设计一根牵拉线,一端固定在长竿末端的卡环上,另一端固定在插入三角支架的立柱上,使得长竿不颤动,保持相机的稳定性。

相机距地表高度可通过长竿采用的圆杆根数,三角支架的支腿长度与角度,以及立柱长度等三个方面进行调节,最大高度可达 6~7 m。由铝合金材质的圆杆连接组成的长竿轻巧有力不易产生抖动,通过牵拉线将长竿拉直绷紧,使得照相机盒稳定不易颤动,

野外照相能够抵抗 4 级左右风速的影响,有效提高了拍摄质量。三角支架的 3 个支腿可独立调节长度和相互角度,方便在斜坡地表进行垂直拍摄,适用范围更广。

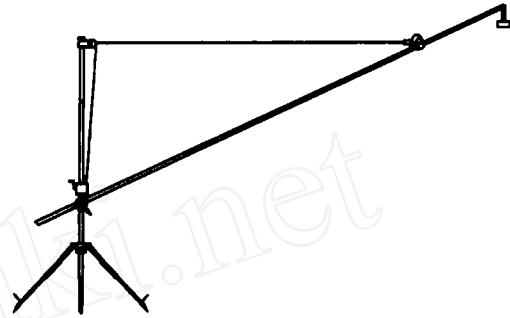


图 1 便携型植被覆盖度摄影仪

1.2 操作方法

利用便携型植被覆盖度摄影仪进行垂直照相时,首先需要对数码相机进行设置。(1)设置相机的操作模式为遥控延迟操作模式,这样可以方便操作人员在按下遥控器时,有时间离开其相机拍摄范围,保证成像质量;(2)设置相机的焦距,目前数码相机一般为变焦相机,为获取较大的覆盖范围,摄影时一般采用相机最小的焦距;(3)设置相机照相的分辨率为最低分辨率模式或次低分辨率模式。目前市场主流相机的总像素数达到了千万级,最低分辨率模式的像素一般也在三十万以上,而垂直照相的覆盖范围较小,低分辨率模式下的图像包含的植被覆盖信息已能满足要求,而且能够减少拍摄成像时的虚化现象,能够拍摄更多的图像,图像处理计算时也能加快相片的处理速度等。

便携型植被覆盖度摄影仪用于向下垂直照相,主要针对作物、草地、灌丛等植被类型,一般每个样点垂直照相测量两次,最后计算的植被覆盖度可取二者的均值。对于林地等高度在 3 m 以上的植被,可直接下蹲手持相机,镜头水平朝上进行拍摄测量,可沿着两条相互垂直的十字交叉线进行多次拍摄,拍摄间距可参考株行距,每条线可照相 5 次左右,最后计算的植被覆盖度取其均值。进行植被覆盖度的摄影测量时,需要测量植被高度,估测植被灌丛厚度,记录摄影时的焦距,以便为摄影的中心投影误差校正提供基本参数。

2 植被覆盖度自动计算系统

植被覆盖度自动计算系统(PCOVER)是专为便携型植被覆盖度摄影仪所开发的配套软件,目的是对其获取的植被图像进行处理,并通过模型自动计算植被覆盖度。PCOVER 采用 C++ Builder 进行开发,运

行环境为 Windows 2000 或 Windows XP, 系统安装要求约 30 M 硬盘空间。

PCOVER 的功能主要包括两个部分。(1) 图像预处理。包括图像浏览, 图像放大缩小, 图像旋转, 图像开窗剪切, 图像格式转换等, 为从图像计算植被覆盖度做准备; (2) 图像植被覆盖度的计算及其中心投影校正。针对经过预处理的植被图像, 采用自动判读模型计算植被覆盖度, 并对结果完成中心投影的误差校正, 得到图像的最终植被覆盖度。需要注意的是, 照相属中心投影, 图像边缘处的变形较大, 尽管计算植被覆盖度时进行了中心投影的误差校正, 为减少误差, 还是要求剔除图像边缘误差较大的区域, 方法是以原图像中心为中心, 经过图像剪切分别只保留原图像长、宽的 2/3, 剩余图像面积为原图像的 4/9。

PCOVER 中的植被覆盖自动判读模型根据植被图像的真彩色特征以及不同颜色空间的颜色分量图像, 采用逐步判别法建立。图像的颜色一般以红(R)、绿(G)、蓝(B)3原色的组成来反映, 这是一种颜色空间的表示方法; 图像的颜色也可以以另外一种颜色空间表示, 即每种颜色以色调(H)、亮度(I)、饱和度(S)来反映。IHS 是相对 RGB 外的另一种颜色空间, 具有比较独特的地物信息提取和信息综合能力^[11-15]。根据图像中不同植被类型颜色分量的特征, 建立自动识别植被覆盖的统计模型的步骤如下。

(1) 按植被类型选择所拍摄的典型植被覆盖图像, 作为建立自动判读的基础数据;

(2) 借助 PHOTOSHOP 7.0 软件, 通过精细目视判读, 将各典型图像分别划分植被和裸地两类;

(3) 获取各植被图像的红(R)、绿(G)、蓝(B)3个颜色分量图像, 然后进行 IHS 彩色变换^[11], 获取色调(H)、亮度(I)、饱和度(S)等另一颜色空间的3个颜色分量图像;

(4) 基于典型图像的红(R)、绿(G)、蓝(B)、色调(H)、亮度(I)、饱和度(S)等6个颜色分量图像及其目视判读结果图像, 采用逐步判别法建立自动识别植被覆盖的判别方程, 其中采用的自变量为红(R)、绿(G)、蓝(B)、色调(H)、亮度(I)、饱和度(S)等6个颜色分量图像, 分类变量为目视判读结果图像, 属于植被取值为1, 非植被为0;

(5) 植被覆盖自动判读模型的建立和检验。

3 植被覆盖度自动判读的应用

按植被类型选择不同的垂直拍摄植被图像作为验证图像, 应用 PCOVER 自动计算植被覆盖度, 并与该图像的人机交互目视判读结果进行比较。选择的植被类型包括有草地(紫花苜蓿)、玉米地、马铃薯

地和林地(板栗), 每种类型分别选择了5幅图像, 其中林地图像是1999年采用奥林巴斯光学相机拍摄, 草地和马铃薯地图像是2004年采用奥林巴斯 U400 数码相机拍摄, 玉米地图像是2008年采用宾得数码相机 Optio A30 拍摄。人机交互目视判读通过 Photoshop 7.0 软件进行, 将图像划分植被和裸地两类。

利用植被覆盖度自动计算系统(PCOVER)计算植被覆盖度的流程如下。(1) 进行植被图像的导入及图像格式转换。林地图像为光学相机拍摄, 需要扫描输入计算机, 数码图像可直接导入计算机, 然后转换成 PCOVER 能识别的图像格式; (2) 图像自动剪切, 剔除图像边缘变形较大的部分, 保留的图像中间部分相当于原图像面积的 4/9; (3) 输入图像自动计算植被覆盖度, 并对结果图像进行 3×3 窗口的众数滤波, 得到自动判读的结果图像及其覆盖度大小。为与目视判读结果图像对比, 没有对所得结果图像进行中心投影的误差纠正。

以图像的人机交互目视判断结果作为比较基准, 分析 PCOVER 自动判读计算植被覆盖度的精度。结果表明(图2), 自动判读计算的植被覆盖度与精细目视判读结果有很好的 consistency, 自动判读计算植被覆盖度的平均绝对误差只有 2.42。可以看出, 其中一幅林地图像和一幅草地图像的自动判读计算覆盖度的绝对误差相对偏大一些, 分别为 8.15 和 4.53, 其原因是拍摄时曝光过度使部分叶片呈现白色, 使得自动判读计算的覆盖度偏低。如果去掉这两幅图像, 剩余图像自动判读计算植被覆盖度的绝对误差在 0.03~4.8 之间, 平均只有 1.98。验证图像为3种不同类型的相机拍摄, 针对不同类型相机拍摄的植被图像, PCOVER 自动计算植被覆盖度都表现出很好的精度, 显示采用的自动判读模型有很好的适用性。图3显示了马铃薯图像与自动判读的结果图像对比, 马铃薯植被被很好地被自动判读识别出来。

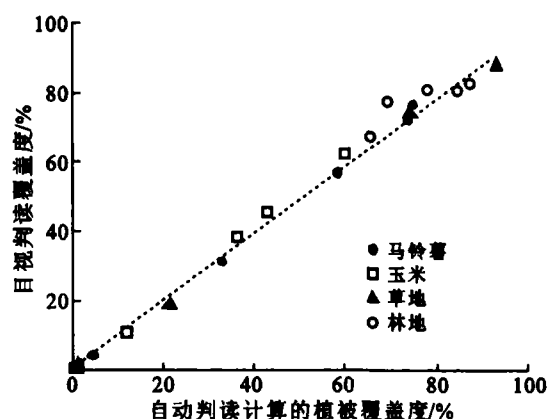
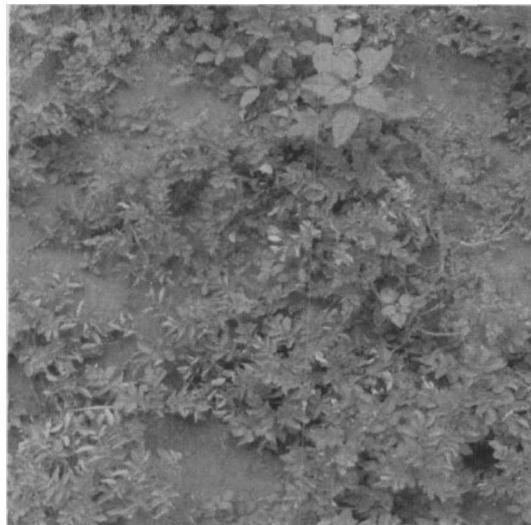
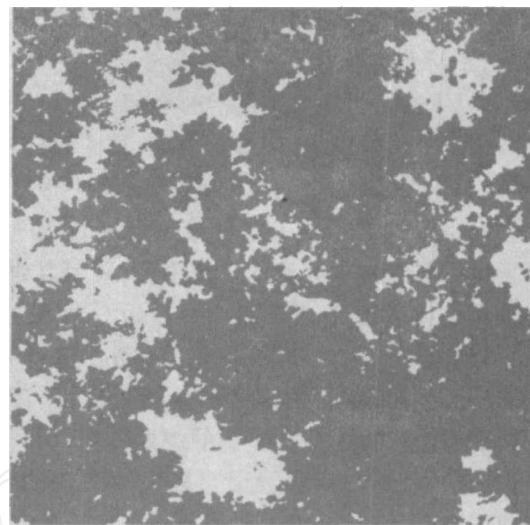


图2 植被图像目视判读覆盖度与自动判读计算的植被覆盖度



马铃薯地图像



自动判读结果

图 3 马铃薯地图像与自动判读的结果图像的对比

4 结论

植被覆盖度是描述陆地表面植被生长状况的一个重要量化指标,是影响土壤侵蚀一个极重要的因子。在多年实践的基础上,研制出了便携型植被覆盖度摄影仪,能方便的调节相机距地表面高度和增强相机的拍摄稳定性。同时开发了配套软件植被覆盖度自动计算系统(PCOVER),对便携型植被覆盖度摄影仪所获取的图像进行自动判读并估算植被覆盖度。实际应用显示它有很好的判读精度,与人机交互目视判读结果相比,其最大绝对误差小于 5%。便携型植被覆盖度摄影仪及其配套软件 PCOVER 显示了较好的应用前景,目前已经应用在北京 7 个山区县 11 处坡地径流场共 127 个坡面径流小区的植被覆盖度测量。

如果拍摄时曝光不准确如曝光过度使得叶片呈现白色等,则不能保证自动判读的精度。PCOVER 针对这种情况,对自动判读的结果图像增加了交互式编辑调整的功能,将判读结果图像与原图像并排放置进行比较,如果有明显偏差可对结果图像进行交互式编辑调整。

[参 考 文 献]

- [1] Purevdorj T S, Tateishi R, Ishiyama T, et al. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, 19(18):3519-3535.
- [2] 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.
- [3] 江忠善, 刘宝元, 翟刚. 植被与水土流失研究综述[J]. *水土保持研究*, 2002, 9(4):96-101.
- [4] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning[M]. U. S. Dep. Agric., Agric. Handb. No. 537. USDA, Washington, DC, 1978.
- [5] Renard K G, Foster G R, Weesies G A, et al. Predicting soil erosion by walter: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)[M]. National Technical Information Service, United States Department of Agriculture(USDA), 1997.
- [6] 金争平, 史培军, 侯福昌, 等. 黄河皇甫川流域土壤侵蚀系统模型和治理模式[M]. 北京: 海洋出版社, 1992.
- [7] 江忠善, 王志强, 刘志. 黄土丘陵区小流域土壤侵蚀空间变化定量研究[J]. *土壤侵蚀与水土保持学报*, 1996, 2(1):1-9.
- [8] 刘秉正, 刘世海, 郑随定. 作物植被的保土作用及作用系数[J]. *水土保持研究*, 1999, 6(2):32-36.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 章文波, 刘宝元, 吴敬东. 小区植被覆盖度动态快速测量方法研究[J]. *水土保持通报*, 2001, 21(6):60-63.
- [12] 张云霞, 李晓兵, 张云飞. 基于数字相机、ASTER 和 MODIS 影像综合测量植被覆盖度[J]. *植物生态学报*, 2007, 31(5):842-849.
- [13] 路炳军, 刘洪鸽, 符素华, 等. 照相法结合数字图像技术计算植被覆盖度精度研究[J]. *水土保持通报*, 2007, 27(1):78-80.
- [14] Wimbrush D J, Barrow M D, Costin A B. Color stereo photography for the measurement of vegetation[J]. *Ecology*, 1967, 48:150-152.
- [15] 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.