

林业文苑
第 19 辑

若干生态参数数字图像 测量方法的研究

祁有祥 赵廷宁 杨建英 著



中国林业出版社

林业文苑

第19辑

若干生态参数数字图像 测量方法的研究

祁有祥 赵廷宁 杨建英 著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

若干生态参数数字图像测量方法研究 / 祁有祥, 赵廷宁, 杨建英著
—北京: 中国林业出版社, 2011 4
(林业文苑·第 19 辑)
ISBN 978-7-5038-6117-8

I. ①若… II ①祁… ②赵… ③杨… III ①森林—生态—数字图象—测量方法—研究 IV. ①S718.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 046271 号

出版 中国林业出版社 (100009 北京市西城区刘海胡同 7 号)

网址 [http //lycb forestry. gov cn](http://lycb.forestry.gov.cn)

E-mail forestbook@163.com 电话 010-83222880

发行 中国林业出版社

印刷 北京北林印刷厂

版次 2011 年 4 月第 1 版

印次 2011 年 4 月第 1 次

开本 880mm × 1230mm 1/32

印张 5.5

字数 180 千字

印数 1~1000 册

定价 30.00 元

第一作者简介

祁有祥(1980—)，男，汉族。2009年毕业于北京林业大学，获博士学位，主要研究方向为林业生态、水土保持、荒漠化防治、工程绿化等。在攻读研究生期间，参与了“十一五”国家科技支撑计划——黄土高原丘陵沟壑半干旱区水土保持抗旱造林及径流林业技术试验示范项目、环北京地区(首都圈)防沙治沙应急技术与示范——燕山丘陵山地(河北丰宁)防沙治沙技术示范区资助项目、“十五”科技攻关课题“宁夏河东沙地退化草场植被恢复与风蚀沙化防治技术示范区(盐池)”资助项目、“十五”国家科技攻关项目子专题“草地植被恢复与草场管理技术研究”、北京市公路生态绿化研究项目等。参与了《全国林业生态建设与治理模式》编写工作，先后在《北京林业大学学报》、《中国水土保持科学》、《林业资源管理》等核心期刊发表学术论文15篇。

毕业后，在北京市园林绿化局研究室工作至今，主要负责重大课题调研和重要稿件起草工作，先后参加了“生态园林、科技园林、人文园林发展战略研究”、“建设世界城市背景下首都园林绿化发展思路对策研究”、“北京市生态体系建设和功能提升对策研究”等重大课题研究。

资助项目

1. “十一五”国家科技支撑计划——黄土高原丘陵沟壑半干旱区水土保持抗旱造林及径流林业技术试验示范(2006BAD03A1201)；
2. 林业公益性行业科研专项经费项目——建设工程损毁林地植被修复关键技术与示范(20090403)；
3. 环北京地区(首都圈)防沙治沙应急技术与示范——燕山丘陵山地(河北丰宁)防治治沙技术示范区(FS2000-004)。

前 言

森林生态系统是陆地生态系统的主体，是联系环境与发展的重要纽带，在改善生态环境、维护生态平衡、实现可持续发展中具有不可替代的作用。林业是一项重要的公益事业和基础产业，具有“四大地位”，肩负着“四大使命”。随着经济社会的快速发展，森林降噪除尘、涵养水源、固碳释氧、防止风沙、调节气候等功能和作用日益引起社会的高度重视。中共中央、国务院《关于加快林业发展的决定》中明确指出，加强生态建设，维护生态安全，是 21 世纪人类面临的共同主题，也是我国经济社会可持续发展的重要基础。2007 年 9 月，在亚太经济合作组织(APEC)第 15 次领导人非正式会议上，中方提出了建立“亚太森林恢复与可持续管理网络”的倡议，得到了有关国家政府和国际组织的积极响应和支持，并纷纷通过不同方式和渠道表示积极参与，并将这一倡议写入了《悉尼宣言》及其行动计划。2008 年，“生态文明”写入了政府工作报告，林业发展得到了政府的高度重视，社会的广泛关注。加强生态建设，促进林业发展，不断增强森林公益效能已成为实现经济社会可持续发展的重要基础。

森林公益效能的有效发挥立足于一定规模、结构合理、林分健康、分布均匀的森林体系，森林质量性状的改善对于维系和增加森林资源至关重要(Dudley, 1999)。19 世纪 80 年代，全球森林保护的注意力都集中在热带国家森林面积的急剧减少。当人们在关注温带和北部森林状况时才意识到，即使森林面积保持稳定或者增加，森林公益效能仍有可能被耗尽，于是，森林质量及其公益效能问题开始受到重视。森林对人类社会的公益效能和经济发展的贡献，除应包括全部直接产品外，还包括各种间接效益，如涵养水源、保持水土、调节气候、构建森林文化等。根据国家“九五”攻关专题“林业生态工程管理信息系统，效益观测与评

价技术研究”，森林公益效能划分为涵养水源效益、保持水土效益、防风固沙效益、改善小气候效益、固碳效益、净化大气效益、减轻水旱灾效益、消除噪声效益、游憩资源效益、保护野生生物效益。在生产实践中，森林公益效能评价除被广泛用于森林的买卖、交换、分割、合并、借贷之外，还用于森林遭到灾害时计算损失大小及补偿额，确定征用林地和解除林地使用权时的补偿额，在具有抵押权的情况下担保价值的评定，实行森林保险时保险金额及损失金额的核定，森林纳税标准的确定等。森林公益效能的评价已与林业生产实践和经济社会发展密不可分。

森林公益效能评价工作始于20世纪初，直至20世纪70年代，森林公益效能测定技术和方法才有了突破性进展。进入20世纪90年代，森林公益效能评价成为生态学界、林学界、经济学界的研究热点。在森林公益效能的研究与评价现存的主要问题中，研究尺度大、数据监测技术与方法匮乏和缺少动态评价成为当前亟待解决的首要问题。树木年轮宽度、郁闭度、土壤侵蚀等因子关联森林公益效能诸多方面，在林木年生长量动态规律、水源涵养能力评估、森林碳汇监测等多方面研究中都有广泛应用。

随着经济社会的发展，森林公益效能研究与评价在全国不同地域、不同研究群体间全面展开，由于数据获取设备和资金短缺，增加了开展这项工作的困难，但这并没有阻止该项工作的相继开展。随着森林公益效能监测与评价研究的不断深入，森林公益效能评价指标得到了科学细化和分类，推动了监测技术与方法的快速发展和革新，诸如土壤理化性质、气候因子、光合速率、年轮宽度、林分郁闭度、土壤侵蚀速率等重要指标都已有专业的测定仪器和方法，使森林公益效能研究与评价有了获取科学数据的基础。但由于这类仪器专业性能高、设备昂贵、使用和维护费用高，一般非承担国家重大课题的研究单位尚无能力购买，甚至租用该类仪器。但在各类仪器使用过程中，经仔细研阅其说明书，探究其工作原理，不难发现部分因其对数据获取、处理和自动化功能的高度集成，成为一种专利，并成为商品，大大增加了其成本费用。随着计算机视觉与图形技术的日趋完善和成熟，这类仪器的功能和作用可以采用常用办公设备替代实现。

树木年轮资料、林分郁闭度和土壤侵蚀速率等生态参数是森林公益

效能研究与评价中的主要指标，也是生态研究领域最为常用的研究参数，在保有其测量精确度的基础上，探究方法简单、易掌握，设备成本低、易便携的测量方法和设备，具有更重要的现实意义。本研究提出了采用计算机、扫描仪和照相机等常用办公设备，以及常用的 Photoshop 和 CAD 软件，进行年轮宽度、郁闭度和土壤侵蚀速率数字图像测量方法，采用年轮分析系统、冠层分析仪和径流小区等公认的测量仪器和方法进行了检验，并对其测量效率和成本费用进行对比分析，在取得满意精度的基础上，对各方法进行了初步应用研究。这些方法的提出，提高了数据观测精度、节约了数据获取成本、提高了工作效率，同时，也为森林公益效能的研究与评价增加了一种数据保存类型，为开展森林公益效能的动态评价储备了必要的基础数据。

作者

2011 年元月 7 日

前 言

第一章 数字图像处理与测量技术	(1)
第一节 数字图像处理技术	(1)
一、数字图像处理技术的发展历程	(1)
二、数字图像获取设备及其性能	(2)
三、数字图像处理的特点	(3)
第二节 近景摄影测量技术	(4)
一、近景摄影测量的特性	(5)
二、近景摄影测量的基本原理与模型	(6)
三、近景摄影测量技术的应用	(11)
四、非量测相机在近景摄影测量中的应用	(13)
第三节 数字图像处理技术在林业中的应用	(15)
第二章 数字图像处理与测量相关软件简介	(17)
第一节 数字图像处理软件简介	(17)
一、研发历程	(17)
二、主要功能和应用领域	(18)
三、用于本研究的主要功能	(19)
第二节 计算机辅助设计软件简介	(20)
一、研发历程	(20)
二、主要功能和应用领域	(21)
三、用于本研究的主要功能	(22)
第三章 树木年轮宽度数字图像测量方法研究	(23)
第一节 树木年轮资料及其测量方法	(24)
一、树木年轮资料的应用研究	(25)

二、几种年轮宽度测量方法	(28)
第二节 树木年轮宽度数字图像测量方法(FSDI 法)	(30)
一、样本处理	(30)
二、样本录入	(31)
三、年轮宽度测量	(32)
第三节 FSDI 法精度及效率检验	(32)
一、检验材料	(35)
二、检验内容与方法	(35)
第四节 检验结果	(36)
一、精度检验	(36)
二、测量效率分析	(43)
三、成本费用比较	(44)
第五节 FSDI 法在冀北山地气候重建中的初步应用	(44)
一、研究区域概况	(45)
二、理论基础	(47)
三、材料与方法	(51)
四、生长量订正和年轮指数计算	(53)
五、气候重建	(57)
第五节 本章小结	(61)
第四章 林分郁闭度数字图像测量方法研究	(62)
第一节 郁闭度测量方法的发展与革新	(63)
一、目测法	(64)
二、绘图法	(65)
三、统计法	(65)
四、仪器观测法	(66)
五、数字图像法	(68)
六、遥感图像判读法	(68)
七、理论计算法	(69)
第二节 林分郁闭度数字图像简易测定法(FLDI 法)	(69)
一、设备组成	(69)
二、设备安装	(69)

三、图像获取与处理	(70)
四、郁闭度计算	(70)
第三节 FLDI 法检验	(71)
一、检验材料	(71)
二、检验内容与方法	(74)
第四节 检验结果分析	(82)
一、FLDI 法测量精度及影响分析	(82)
二、FLDI 法测量效率分析	(90)
三、FLDI 法成本费用比较	(90)
四、FLDI 法稳定性测试	(91)
五、坡地林分郁闭度测量点设置	(92)
第五节 本章小结	(92)
第五章 基于侵蚀针的侵蚀速率近景摄影测量方法研究	(94)
第一节 土壤侵蚀监测方法研究进展	(95)
一、国内外土壤侵蚀模型研究	(96)
二、土壤侵蚀测量方法	(98)
三、几种常用土壤侵蚀速率测量设备和方法	(99)
第二节 基于侵蚀针的侵蚀速率近景摄影测量方法(CRPE 法)	(100)
一、设备和材料	(101)
二、控制系和侵蚀针布设	(104)
三、数据采集	(105)
四、侵蚀量计算	(107)
第三节 CRPE 法室内模拟研究	(108)
一、研究方法	(109)
二、研究内容	(112)
三、结果分析	(112)
第四节 CRPE 法的初步应用	(117)
一、示范区自然概况	(117)
二、示范区建设概况	(119)
三、应用研究	(121)

四、结果分析	(122)
第五节 本章小结	(126)
第六章 讨 论	(127)
一、关于 FSDI 法	(127)
二、关于 FLDI 法	(128)
三、关于 CRPE 法	(129)
附 录	(131)
附录 1 方山实验站年轮样本	(131)
附录 2 FSDI 法和 TRAS 法测得 5 个年轮样本不同测量方向 的年轮宽度系列相关趋势和差值分布	(132)
附录 3 冀北山地年轮样本	(137)
附录 4 方山实验站 28 个固定样地林冠图像	(139)
附录 5 CRPE 法试验研究各时段数字图像	(146)
附录 6 CRPE 应用研究数字图像	(148)
参考文献	(149)

第一章

数字图像处理与测量技术

第一节 数字图像处理技术

数字图像处理的一个先决条件就是须将图像转化为数字形式，即获取数字图像。简易的图像处理系统就是一台计算机、数字化器和输出设备。在数字图像处理发展的初始阶段，数字化设备非常昂贵，只有很少的研究单位能购买使用，使数字图像处理技术的研究受到很大限制。随着科学技术的发展，数字化设备应用已较普及，并日益向高速度、高分辨率、多功能、智能化方向发展。

一、数字图像处理技术的发展历程

数字图像处理最早应用于报纸业，图像第一次通过海底电缆从伦敦传送往纽约。20 世纪 20 年代曾引入 Baltlane 电缆图片传输系统。数字图像要求非常大的存储和计算能力，因此，依赖于计算机及数据存储、显示和传输等相关技术的发展与革新。

20 世纪 50 年代，电子计算机已用于图形和图像信息处理，60 年代早期出现了第一台可以执行有意义的图像处理任务的大型计算机。1964 年，美国加利福尼亚的喷气推进实验室利用计算机技术，实现了空间探测器发回图像的工作，60 年代末至世纪 70 年代初，该技术被用于医学图像、地球遥感监测和天文学等领域。

进入 20 世纪 70 年代，随着计算机硬件和软件技术的飞速发展以及数据图形的输入装置的进一步完善，遥感数字图像处理技术得到了迅猛发展。另外，扫描仪的出现，实现了遥感模拟图像到栅格数据结构的遥感数字图像数据之间的转换，从而使遥感数字图像处理进入了一个成熟

发展时期。

到 20 世纪 80 年代,地理信息系统得到很好的推广,并进入普及应用阶段。地理信息系统的数据处理能力、空间分析能力、人机交互、图形图像输入、编辑和输出技术均有了较大的发展。在此期间,遥感数字图像处理技术得到了迅猛发展,主要体现在遥感信息的传输效率有了极大提高,遥感数字图像处理方法的增多,遥感模拟图像与数字图像转换精度、速度极大提高等,有力地推动了遥感技术应用不断深入和拓展。

进入 20 世纪 90 年代后,图像技术已涉及人类生活和社会发展的各个方面,近年来图像处理技术得到了越来越广泛的应用。

二、数字图像获取设备及其性能

数字图像获取设备须具有把图像划分为若干图像像素并给出对应地址的功能,能够度量每一像素的灰度,并把连续的度量结果量化为整数,以及能够将这些整数写入存储功能。数字图像获取设备一般包括含采样孔、图像扫描构建、光传感器、量化器和输出存储体五个组成部分。

采样孔:使数字化设备能够单独观测特定的图像像素,且不受图像其他部分的影响。

图像扫描构建:使采样孔按照预先规定的方式在图像上移动,按顺序观测每一个像素。

光传感器:通过采样孔测量图像每一像素的亮度,将光强转换为电压或电流。

量化器:将传感器输出的连续量转化为整数值,典型的量化器是一种被称为“模数转换器”的电路,它产生一个与输入电压或电流成比例的数值。

输出存储体:将量化器产生的灰度值按适当格式存储起来,以便于后续的计算机处理。存储体可以是固态存储器,也可以是磁盘或其他合适的设备。

数字图像获取设备类型很多,目前用得较多的图像数字化设备有扫描仪、数码相机和数码摄像机。

扫描仪内部具有一套光电转换系统,可以把各种图片信息转换成图

像数据,并传送给计算机,再由计算机进行图像处理、编辑、存储、打印输出或传送给其他设备。按扫描原理扫描仪分为以 CCD(电荷耦合器件)为核心的平板式扫描仪、手持式扫描仪和以光电倍增管为核心的滚筒式扫描仪;按色彩方式分为灰度扫描仪和彩色扫描仪;按扫描图稿的介质可分为反射式(纸质材料)扫描仪、透射式(胶片)扫描仪以及既可扫描反射稿又可扫描透射稿的多用途扫描仪。

数码相机是由镜头、CCD、A/D(模/数转换器)、MPU(微处理器)、内置存储器、LCD(液晶显示器)、PC 卡(可移动存储器)和接口(计算机接口、电视机接口)等部分组成。它是一种能够进行拍摄,并通过内部处理把拍摄到的景物转换成以数字格式存放图像的特殊照相机,可以实现与计算机、电视机或者打印设备的直接连接。

数码摄像机是近年来出现的数字化产品,实现了图像采集和数字化部件的集成,使输出的信号能直接被计算机接受。数码摄像机通配性好,携带方便,适用于现场数据采集。

常用数字图像获取设备如图 1-1。

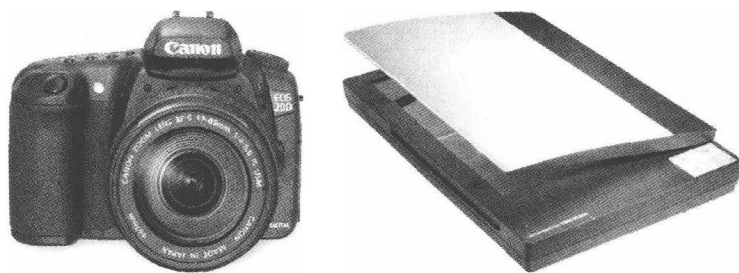


图 1-1 数字图像获取设备

Fig. 1-1 Digital equipment

三、数字图像处理的特点

在计算机出现之前,模拟图像处理(如借助光学、摄影等技术的处理)占主导地位。随着计算机的发展,数字图像处理发展速度越来越快。虽然对大数据量的图像处理速度不如光学方法快,但是其处理的精度高,实现多功能、高度复杂运算求解非常灵活方便。

(1)精度高。对于一幅图像而言,不管是对 4bit 还是 8bit 和其他比特图像的处理,计算机程序来说几乎是一样的。增加图像像素数使处理图像变大,只需改变数组的参数,而处理方法不变。所以从原理上不管处理多高精度的图像都是可能的,而在模拟图像处理中,要想使精度提高一个数量级,就必须对处理装置进行大幅度改进。

(2)再现性好。不管是什么图像,都采用数组或数组集合表示,这样计算机容易处理。因此,在传送和复制图像时,只在计算机内部进行处理,这样数据就不会丢失或遭破坏,保持了完好的再现性。而在模拟图像处理过程中,就会因为各种因素干扰而无法保持图像的再现性。

(3)通用性和灵活性高。不管是可视图像还是 X 射线、红外线、超声波等不可见光成像,虽然这些图像成像体系中的设备规模和精度各不相同,但当把图像信号直接进行 A/D 变换,或记录成照片再数字化,对于计算机来说都能用二维数组表示,不管什么样的图像都可以用同样的方法进行处理,这就是数字图像处理的通用性。另外,对处理程序自由加以改变,可进行各种各样的处理。

数字图像处理和计算机、多媒体、智能机器人、专家系统等技术的发展紧密相关。近年来计算机识别、处理图像的技术发展很快,已被广泛应用于生物医学、遥感航天、工业、军事等领域(许录平,2007)。

第二节 近景摄影测量技术

随着计算机技术、数字图像处理技术、计算机视觉等学科的不断发展,数字摄影测量的内涵已远远超出了传统摄影测量的范畴,使它完全突破了地形测量范围,发展出来一个新的分支,即非地形摄影测量或称为近景摄影测量,其实质就是摄影测量在建筑、工业、考古、生物、医学等学科中的应用。近景摄影测量是通过摄影手段以确定(非地形)目标的外形和运动状态的学科分支,是摄影测量与遥感(Photogrammetry and Remote Sensing)学科的一个分支。也有人认为,把摄影距离大约小于 100m 的摄影测量称之为近景摄影测量(冯文灏,2002)。

近景摄影测量最早应用于建筑物变形测量,直到第一次世界大战,近景摄影测量的发展几乎和摄影测量同步,使用的方法和仪器也相同,

获得产品也都是从地面站拍摄的像片。自 20 世纪 20 ~ 60 年代之间, 研发出了使用固定基线的立体量测相机, 这种相机的测图系统能用于建筑、考古、工程、采矿和事故等方面, 用于近景摄影测量的设备研发大大地促进了近景摄影测量技术的发展和推广应用。

一、近景摄影测量的特性

近景摄影测量已广泛应用于建筑、工业等多个领域, 理论上讲, 凡可获取目标影像都可以使用近景摄影测量的相关技术, 以一定精度范围内测定目标的形状、大小和运动参数。近景摄影测量作业全过程大体分为两个阶段, 一是获取被测物体的照片(或影像)的摄影(或摄像)阶段, 二是对照片(或影像)进行再处理, 以获取被测物体静态的形状、大小或动态物体运动参数的测量处理阶段, 与其他三维测量手段相比具有以下优点(冯文灏, 1990)。

(1) 近景摄影测量是一种瞬间获取被测物体大量物理信息和几何信息的测量手段。作为信息载体的像片或影像包含了被测目标最大信息量, 特别适用于测量点众多的待测目标。

(2) 近景摄影测量是一种非接触性量测方法, 不伤及测量目标, 不干扰被测物自然状态, 可在恶劣条件下作业。这点特别适宜于土壤侵蚀速率测量。

(3) 近景摄影测量适宜于动态物体外形和运动状态测定, 是一种适用于微观世界和较远目标的测量手段, 故可用于土壤侵蚀过程监测。

(4) 近景摄影测量是一种以严谨的理论和现代硬软件为基础。可提供相当高的精度与可靠性的测量手段, 随处理方法、技术手段和资金投入大小不同, 测量精度有所变化, 可达到千分之一至百万分之一的相对精度。

(5) 就当前发展而言, 近景摄影测量是一种基于数字信息和数字影像技术以及自控技术的测量方法, 使实时近景摄影测量正日益广泛地深入工业生产流程中, 成为工业产品分类、导向、监测、装配和自动化生产的重要组成。同时已被应用于林业、生态和环境有关指数的观测和跟踪监测。

(6) 可提供基于二维空间坐标的各种产品, 包括各类数据、图形、