林业科学研究 2001, 14(2): 223～226
Forest Research

文章编号: 1001-1498(2001) 02-0223-04

以“3S”为基础的森林蓄积动态监测系统研究

李崇贵, 斯 林, 赵宪文
(中国林业科学研究院 资源信息研究所, 北京 100091)

关键词: 森林蓄积估测; 稳健估计; 带权最小二乘估计; 计算机仿真
中图分类号: S758.5+1 文献标识码: A

1 系统研究的目的

以“3S”为基础的森林蓄积动态监测系统, 即利用遥感(RS)、地理信息系统(GIS)及全球卫星定位系统(GPS)信息, 结合少量地面样地资料, 建立以像元为单位的森林蓄积估测方程, 进行蓄积预报。其主要目的是: 尽量减少地面调查的工作量, 快速、准确进行森林总蓄积预报; 通过少量的地面调查资料或地面临时样地资料, 对林班或小班的蓄积进行估测, 以提高局部地段蓄积可信度。

2 系统组成及功能

如图1所示, 整个系统包括: RS及GIS信息提取、变量优选、蓄积估测3大部分。

图1 系统组成

2.1 RS及GIS信息提取

如图2所示, 该部分包括: 图像显示、图像分割、几何精校正、样地灰度读取及样地GIS信

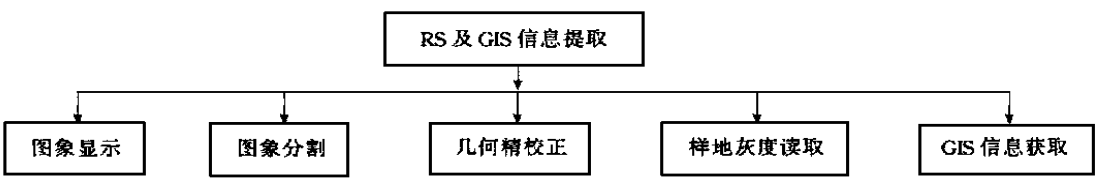

图2 RS及GIS信息提取

收稿日期: 2000-03-17
基金项目: 国家自然科学基金项目“遥感和GIS用于森林资源空间动态定量预测方法的研究”的部分内容
作者简介: 李崇贵(1966-), 男, 四川西充人, 讲师, 林业遥感博士研究生.

息获取 5 部分。能显示、处理包括 Landsat、SPOT、RADARSAT 等多种信息源的遥感图像。由于蓄积估测区域森林分布及生长状况可能存在较大差异, 在进行蓄积估测时需分区进行。为减小遥感图像几何精校正误差的影响, 使用于建立蓄积估测方程的样地在遥感图像上能可靠定位, 有时需将 1 幅图像分割成多块进行单独校正, 并进行蓄积估计。图像分割模块采用人机对话方式, 可根据用户需要对图像进行切割。样地灰度读取模块能根据遥感图像几何精校正后的地理坐标和样地的地理坐标, 将样地展绘在遥感图像上, 并读取对应各波段的灰度值。GIS 信息获取模块, 可根据用户设置, 从 Access、DBASE、Excel、FoxPro、Paradox 等数据库中读取样地对应的 GIS 信息。

2.2 蓄积估测变量优选

如图 3 所示, 该部分包括: RS 可选定量因子设置、GIS 可选定性、定量因子设置、优选方法确定及变量优选 5 部分。

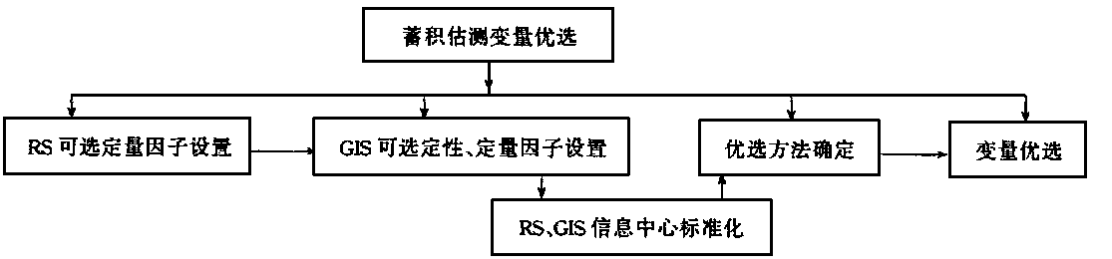

图 3 森林资源定量估测

RS 可选变量设置, 若采用 TM 信息源, 一般可设置 TM1、TM2、TM3、TM4、TM5、TM7 及若干比值波段为可选变量[1]。GIS 信息设置, 可根据估测区域的具体情况及信息的可获取性来决定。一般可设置样地的地理坐标、坡度、坡向、海拔、地类(仅划分为有林地和无林地)及郁闭度为可选变量[3]。RS 和 GIS 信息设置, 都是通过表格选择方式确定。

优选方法包括平均残差平方和法及岭迹分析法[2]。RS 及 GIS 信息中心标准化用于将坡度、坡向及地类等定性数据定量化[4]。变量优选模块, 以样地的蓄积观测值为因变量 V_o、以设置的 RS 和 GIS 信息为自变量 X, 按线性蓄积估测模型(1), 由所选变量优选方法, 对所设置的 RS 及 GIS 信息进行组合, 以确定对蓄积估测起主要作用的最优变量。

$$V_o = X\gamma + e \tag{1}$$

$$(E(e) = 0,\ COV(e) = \sigma^2 I)$$

式中, e 为随机误差; σ^2 为样地蓄积观测方差; γ 为待定参数, I 为矩阵。

2.3 蓄积估测

如图 4 所示, 该部分包括: 蓄积估测模型及蓄积估测 2 部分。其中蓄积估测模型又包括 5 种方法。①等权线性蓄积估测模型, 认为各样地蓄积观测值等权, 模型(1)即属该类型。②不等权线性蓄积估测模型, 认为各样地蓄积观测值的权不相等, 对这种模型合理定权是提高蓄积估测精度的关键。③有偏估计包括岭估计及稳健估计, 前者主要用于代替最小二乘估测, 以克服当影响蓄积估测的变量间存在复共线性时造成的不利影响[2]。稳健估计主要用于克服样地蓄积剧烈变化带来的不利影响[2,5]。④人工神经网络包括 BP 网络及径向基网络[6~8,12]。由于森林的种类、分布及生长状况可能存在较大的差异, 导致蓄积的变化不一定符合线性模型, 且很难用模型准确描述。而人工神经网络是一种非线性动力学系统, 能对信息分布式存储和并行协同处理, 可广泛用于函数逼近、数据聚类及优化计算等。在本系统中, 采用部分样地或临时样地对应像元的 RS 及 GIS 信息对神经网络进行训练, 对训练好的网络, 采用仿真的方法估测森林蓄

积。⑤模糊数学方法, 主要用于克服同物异谱及同谱异物对蓄积估测的影响。通过分类统计不同树种在估测区域出现的灰度区间, 建立相应的隶属度函数, 然后以不同灰度所属的隶属度函数值为自变量来估测森林蓄积[9, 10, 12]。蓄积估测模块, 根据所选估测模型, 建立以遥感图像像元为单位的蓄积估测方程或训练网络系统, 最后通过像元积分的方法估测森林总蓄积。

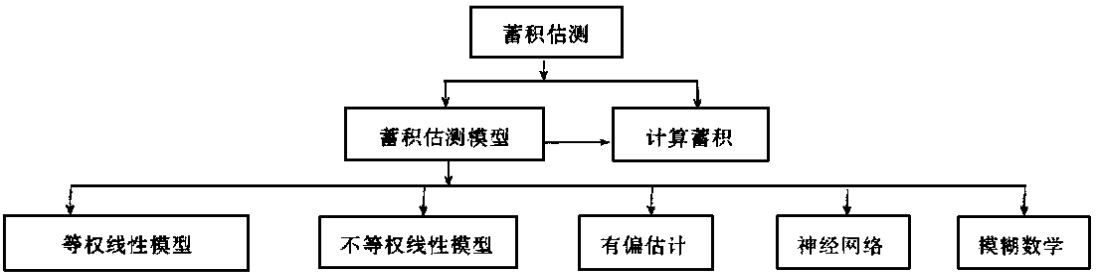

图 4　蓄积估测

3　应用实例分析

以云南思茅地区 1 幅(6 967×5 965) 1992 年的 TM 图像和当年样地的一类调查资料为例进行分析。为保证遥感图像几何精校正精度, 利用图像分割模块, 从 1 幅 TM 图像中分别切割出 1/ 4 区域[0 ∶3483, 0 ∶2982] 及 1/ 2 区域[0 ∶3483, 0 ∶5964] 进行试验。应用该地区 1991 年 1/ 5 万地形图, 分别选择了 56 及 145 个地面控制点, 按双线性内插法重采样进行了几何精校正, 几何位置精度均在 1 个像元以内。几何精校正后, 1/ 4 及 1/ 2 幅值区域所含地面样地数分别为 129 及 384 个。采用 RS 信息获取模块分别读取各样地各波段灰度值。利用 GIS 信息获取模块, 从 Foxpro 数据库中读取各样地的地理坐标、地类、海拔、坡向及郁闭度因子。对 RS 及 GIS 信息进行中心标准化处理, 选用平均残差平方和准则, 选择对蓄积估测起主要作用的最优变量。结果表明, 1/ 4 幅值区域, 对蓄积估测起主要作用的因子包括: 常数项、TM 2、TM 3、TM 4、TM 4/ TM 3, 样地纵坐标及郁闭度。1/ 2 幅值区域, 对蓄积估测起主要作用的因子包括: 常数项、TM 2、TM 3、TM 4/ TM 3、(TM 4− TM3) / (TM 4+ TM 3) 、样地纵坐标、有林地及郁闭度。由于郁闭度在遥感图像上很难判读, 还需通过 RS 和 GIS 信息确定, 经研究表明, 使用 RS 和 GIS 信息估测郁闭度能达到 95% 以上的精度(另文报道) 。分别对 1/ 4、1/ 2 幅值区域包含样地采用随机起点的等间隔抽样, 利用抽取样地的 RS 及 GIS 信息建立蓄积估测方程, 预报未抽取样地的蓄积。当隔 1 抽 1 或隔 2 抽 1 时, 采用等权线性模型, 蓄积预报精度均能达到 95% 以上。对 2 种幅值区域的遥感图像进行随机抽样, 用 40% 左右的被抽样地建立方程, 预报其余 60% 的样地蓄积, 当被抽样地分布较均时, 蓄积预报精度也在 95% 以上。表 1 为在 1/ 2 幅值区域随机 70 个样地, 20 次抽样预报精度状况。

4　结论及效益

(1) 经实验研究表明, 利用 40% 左右的一类调查样地资料, 结合 RS 及 GIS 信息, 通过建立以像元为单位的蓄积估测方程或训练网络, 就能以不低于 95% 的精度预报森林总蓄积。即在进行森林资源一类调查时, 只需调查现有样地的 40%, 就能完成森林总蓄积预报。为提高地面样地在遥感图像上的配准精度, 在进行少量样地调查时, 最好采用 GPS 接收机以不低于 15 m 的精度测定样地的平面坐标。

(2) 以像元为单位进行蓄积估测, 可绕过分类预报蓄积, 避免了分类精度限制对蓄积估测

造成的不利影响。

(3) 该系统实现了真正意义上的“3S”集成, RS、GIS 信息获取, 变量优选等全是计算机自动完成, 可操作性强, 便于使用和推广。

(4) 该系统可最大限度地减少一类调查工作量, 并通过少量一类调查资料或临时样地资料有可能完成落实到林班或小班的蓄积估测。与传统的森林调查相比, 可以为国家节省大量的人力、物力及财力, 并可以实现森林资源的实时监测, 具有重要的社会意义及经济意义。

表 1 1/2 幅值区域随机抽样蓄积预报精度

编号	被抽样地分布状况	蓄积预报精度/%	编号	被抽样地分布状况	蓄积预报精度/%
1	较 均	97.34	11	较 均	95.69
2	较 均	95.78	12	较 均	97.33
3	较 均	97.71	13	不 均	95.36
4	不 均	92.36	14	较 均	99.78
5	较 均	96.02	15	较 均	96.12
6	较 均	95.65	16	较 均	98.07
7	均 匀	96.28	17	较 均	95.46
8	不 均	95.01	18	较 均	98.84
9	较 均	95.42	19	较 均	99.08
10	较 均	96.70	20	较 均	96.84

参考文献:

[1] 赵宪文. 林业遥感定量估测[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.
[2] 陈希孺, 王松桂. 近代回归分析[M]. 合肥: 安徽教育出版社, 1987.
[3] 游先祥. 森林资源调查、动态监测、信息管理系统的研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
[4] 唐守正. 多元统计分析方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989.
[5] 武汉测绘科技大学测量平差教研室. 测量平差基础[M]. 北京: 测绘出版社, 1994.
[6] 史忠植. 神经计算[M]. 北京: 电子工业出版社, 1993.
[7] 焦李成. 神经网络计算[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1993.
[8] 楼顺天, 施阳. 基于 MATLAB 的系统分析与设计—— 神经网络[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1999.
[9] 王琦. 实用模糊数学[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1992.
[10] 方述诚, 汪定伟. 模糊数学与模糊优化[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
[11] 周忠谟, 易杰军, 周琪. GPS 卫星测量原理与应用[M]. 北京: 测绘出版社, 1995.
[12] 张智星, 孙春在, [日]水谷英二. 神经- 模糊和软计算[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2000.

On the Research of Forest Volume Dynamic Monitoring System Based on Remote Sensing, GIS and GPS

LI Chong-gui, SI Lin, ZHAO Xian-wen
(Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: The components and functions of all parts of forest volume dynamic monitoring system based on remote sensing (RS), geographic information system (GIS) and the global positioning system (GPS) are presented. The various volume estimate models included in the system are sketched. The action and application of the system in forest resource quantitative monitoring is analyzed through practical example.

Key words: forest resource estimate; robust estimate; weighted least square estimate; computer simulation