

应用航天遥感资料估测森林 蓄积量的一个新方法*

赵宪文 包盈智

(中国林业科学研究院森林调查及计算技术研究开发中心)

摘 要

本研究是用陆地卫星 TM 图象和多元分析方法直接估测森林蓄积量的一次新尝试。其自变量选择了定性和定量因子,所选定性因子是色彩、树种组;定量因子是波段密度值及其比值,较大限度地发挥了遥感资料的潜力。此方法辅以少量地面样地,对有林地蓄积估测精度可达80%以上。是一个简便、易行、经济的方法。

关键词 遥感;多元分析;蓄积量估测

直接用航天遥感资料来估测森林蓄积量的研究,近年来国内外已有报导,如 A.H. Strahler.^[1]、唐守正、徐冠华^[2]、赵宪文^[3]等人,都通过不同途径探讨了这一问题,它关系到航天遥感资料在森林调查中的应用前景。本研究则是在前人研究基础上所进行的新探讨。

一、材 料

本研究以河北省平泉县为对象,1986年在全县系统布设100群样地,每群由五块方形样地组成,在每块方形样地上作0.02ha的每木检尺和角规测树。资料在被使用时,以群(5块方形样地平均值)或以单个的中心点为单位。与此同时,在1:100万的 TM 图像上对各样点所在位置用点密度计(孔径0.2mm)测定各波段密度值,并进行比值运算,如4/3, 4-3/4+3。

在1:10万的彩色合成 MSS 和 TM 图象上判定各点的色彩和树种组。这些是本研究的基础资料。

二、方法和方案

(一) 方法

采用多元估测的方法,其数学表达式为: $y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$ 。本项研究中基准变量 y 是从现地取得的样地蓄积,自变量 x_1, x_2, \dots, x_n 为在卫星照片上测定的密度值及其比值、

* 本文于1987年11月10日收到。

曹发骥、赵黎明参加了部分材料整理工作。

色彩和树种组。自变量中密度值及其比值为数量因子；色彩和树种组为定性因子。因此本次采用方法是多元估测的一个特例——数量化方法，而且是兼有数量因子和定性因子的混合型问题^[4]。

其原理如下，假定基准变量与各项目、类目(数量化方法中常把定性变量叫项目,而把定性变量的各种不同的取“值”叫类目,在数量化中取值非 1 即 0)的反应间遵从下列线性模型:

$$y_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j,k) b_{jk} + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n.$$

这里 $\delta_i(j,k)$ 叫反应,对每个固定的 i 和 j 有 $\sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j,k) = 1$, b_{jk} 是仅依赖于 j 项目之

k 类目的常系数, ε_i 是第 i 次抽样中的随机误差。

m ——项目数

r_j ——第 j 个项目中的类目数

现在我们据最小二乘原理寻求系数 b_{jk} 的最小二乘估计,换言之即寻求 b_{jk} 使得

$$q = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n \left[y_i - \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j,k) b_{jk} \right]^2$$

达到最小值,为此,求 q 关于 b_{uv} 的偏导数并令其等于 0,得到

$$\frac{\partial q}{\partial b_{uv}} = -2 \sum_{i=1}^n \left[y_i - \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j,k) b_{jk} \right] \delta_i(u,v) = 0,$$

$$u = 1, 2, \dots, m; v = 1, 2, \dots, r_u.$$

因为这是极小值点的必要条件,故,如把 q 达到最小值的 b_{jk} 记作 \hat{b}_{jk} ,则 \hat{b}_{jk} 应满足上式,亦满足下式:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \left[\sum_{i=1}^n \delta_i(j,k) \delta_i(u,v) \right] \hat{b}_{jk} = \sum_{i=1}^n \delta_i(u,v) y_i$$

$$u = 1, 2, \dots, m; v = 1, 2, \dots, r_u.$$

如用矩阵形式来表示则可写为:

$$\mathbf{x}' \mathbf{x} \hat{\mathbf{b}} = \mathbf{x}' \mathbf{y},$$

其中

$$\mathbf{y}' = (y_1, y_2, \dots, y_n),$$

$$\hat{\mathbf{b}}' = (\hat{b}_{11}, \dots, \hat{b}_{1r_1}, \hat{b}_{21}, \dots, \hat{b}_{2r_2}, \dots, \hat{b}_{m1}, \dots, \hat{b}_{mr_m}).$$

上式即正规方程。解此方程则求出各项目的得分值,如代入新的各项目取值(1或0)则会得到基准变量估计值,当兼有定性因子和定量因子时,只须把第二个定性因子以后的各定性因子最后一个类目取值为 0,以保证方程有确定解。

(二) 方案

作为基准变量我们采用 4 种方案:中心(指仅取五块样地中心一块的蓄积,以下同)0.02ha 方形样地,中心角规样地,整群(每一群五块取平均蓄积,以下同)0.02ha 方形样地和整群角规样地。作为自变量我们选择定量因子和定性因子。定量因子分别为 TM 图象单波段的密

度量测值，以及它们的比值 $4/3$ 和 $4-3/4+3$ 。定性因子色彩分16种，即深红、中红、浅红，深黄、中黄、浅黄，深蓝、中蓝、浅蓝，深棕、中棕、浅棕，深绿、中绿、浅绿和黑。而树种组分为针、阔、灌和其它共四类；对定性因子分别以0—1赋值法赋值。除以全县求算估计式外，还按南北两大流域分别建立多元回归式，并求算其统计值。

本次试验除了用各波段密度值及其比值等定量因子外，还采用了色彩和树种组两个定性因子，这样不仅防止了只用密度值的局限性——有些波段之间或与比值间是相关的，而且更充分地发挥了遥感资料的作用。

三、结果与分析

1. 由4种不同的基准变量我们得到4组方程，在此仅给出整群角规的估计式：

$$\begin{aligned} \hat{y} = & -23.9616x_1 - 35.2876x_2 - 33.6998x_3 - 42.1605x_4 - 40.8313x_5 \\ & - 41.7900x_6 - 48.6913x_7 - 23.0466x_8 - 38.4869x_9 - 33.0208x_{10} \\ & - 34.5299x_{11} - 18.9704x_{12} - 27.1271x_{13} - 34.0651x_{14} - 30.6203x_{15} \\ & - 30.4830x_{16} + 29.2842x_{17} + 17.3376x_{18} + 0.5263x_{19} + 0.0000x_{20} \\ & + 23.6270x_{21} - 4.1278x_{22} - 9.4503x_{23} + 5.0730x_{24} + 23.7815x_{25} \\ & - 131.3099x_{26} \end{aligned}$$

自变量一端 x_1-x_{16} 代表色彩(当然在估测时只能取其之一)， $x_{17}-x_{20}$ 代表林分类型(也只能取其一)， $x_{21}-x_{26}$ 为波段密度及比值。4个方程其复相关系数如表1所示。

表1 不同取样方式所得相关系数

基准变量选取方式	取样群中心 0.02 样方	取样群中心 角规样地	取整群5个 0.02样地均值	取整群5个 角规样地均值
相关系数	0.7041	0.6894	0.6959	0.7055

由表看出各种取法差异不大。

本县基本上包括两大流域，为使估计式更符合实际，对瀑河和滦河两大水系分别求算估计式，其相关系数见表2。

表2 按流域所得各种取样方法的相关系数

瀑河流域 (北部)	基准变量样地取法 相关系数	中心0.02 0.8603	中心角规 0.8201	整群0.02 0.8213	整群角规 0.8400
滦河流域 (南部)	基准变量样地取法 相关系数	中心0.02 0.8286	中心角规 0.8204	整群0.02 0.8219	整群角规 0.7594

由表看出，分成两大流域后，相关系数有明显提高，这样作出的估计值更能贴切地反映出蓄积量的分布。

2. 表3列出了各种取样方法所得的每公顷蓄积(m^3/ha)平均值情况。

从表中可看出瀑河流域有林地蓄积比滦河流域有林地蓄积高。

据两流域按面积加权计算出的平均数比全县统一求出的略大，见表4。

表 3 各种取样方式所得平均值 (m^3/ha)

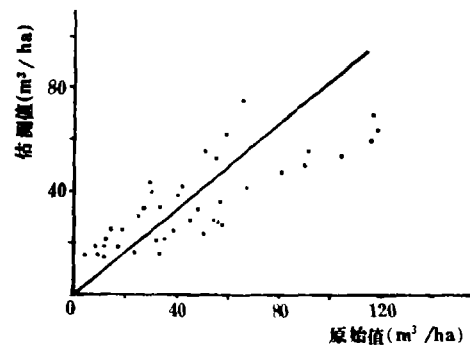
范 围	取 样 方 式	取 样 方 式			
		中 心 0.02	中 心 角 规	整 群 0.02	整 群 角 规
全 县		37.44	33.85	22.51	19.72
瀑 河 流 域		42.96	37.87	28.29	24.36
滦 河 流 域		34.20	31.49	19.14	16.99

表 4 按流域加权所求平均数与全县平均数 (m^3/ha) 比较

平均数算法	取 样 方 式			
	中 心 0.02	中 心 角 规	整 群 0.02	整 群 角 规
两流域加权	37.9182	34.1980	23.0238	20.1182
全县统一	37.44	33.85	22.51	19.72

3. 蓄积量估测效果较好。我们选择了中心0.02的原始值和估测值作出散点图,(如图)可看出它们基本上在角平分线两侧。

与此同时我们还比较了直接用密度值估测蓄积和加入比值项再估测蓄积量的效果,如仅用1、2、3、4四个波段密度值与蓄积量建立起来的回归式复相关系数仅为0.4818,而加入比值项4/3和4-3/4+3后复相关系数增加为0.7262,说明比值起了重要作用。在自变量增加定性因子后,虽没有进一步提高估测精度,但在挖掘遥感资料潜力以及对地类的确认方面起了作用。



蓄积量估测效果图

4. 全县蓄积求算:本次以整群角规为例进行两种方法求算:①全县总蓄积=有林地蓄积($19.72m^3/ha$) \times 全县总面积($329831ha$) \times 森林复被率(30.65%)= $1993557.934m^3$;②用公式回代出所有点的蓄积估测值,按权求出总平均的每公顷蓄积量,再乘以全县总面积。计算如下:有林地100点估测平均值为 $19.72(m^3/ha)$,瀑河无、非林地回代平均值为 -0.7118 (101点);滦河回代平均值 3.7599 (158点)。求得全县总平均加权值 $6.9475m^3/ha$,于是全县总蓄积= $6.9475 \times 329831 = 2291500.873m^3$ 。两种算法相差3.4%。与全县实际蓄积相差不大于20%。

四、小 结

1. 用多元分析方法估测蓄积量,把密度值及其比值项作为自变量是可行的方法,它充分发挥了遥感资料的作用。为直接用航天资料估测蓄积量摸索出了一个简便易行的途径。

2. 分流域建立多元回归式比总体建立一个回归式效果好。

3. 地面样地中,以选择角规样地比小面积($0.02ha$ 以下)方形样地效果好。

参 考 资 料

- [1] Strahler, A. H., 1984, Timber inventory using LANDSAT, 8th symposium Canadian on Remote Sensing, 665—673.
- [2] 唐守正、徐冠华, 1984, 利用资源卫星磁带数据估计森林蓄积量方法的研究——原理和方法, 遥感技术研究与应用资料汇编, 科学技术文献出版社, 142—147.
- [3] 赵宪文, 1984, 直接用卫星照片来估测一个县的森林分布及其蓄积量的初步尝试, 广东林业科技通讯, (2), 18—20.
- [4] 董文泉等, 1979, 数量化理论及其应用, 吉林人民出版社, 22.

A NEW STUDY ON ESTIMATING FOREST STOCK VOLUME USING SPACE REMOTE SENSING DATA

Zhao xianwen Bao yingzhi

(The Research and Development Center for Forest Inventory and Computing Technique CAF)

Abstract

The study is a new attempt that uses Landsat TM image and some ground sampling plots by multi-analysis method to estimate forest stock volume. In this method, independent variables include Qualitative and Quantitative factors. The Qualitative factors are colour hue and group of tree species; the Quantitative factors are density value and ratio of the bands. In this way, potentiality of remote sensing data can be bring into better play.

The result shows that the accuracy of estimating forest stock volume is more than 80%, when this method is used. It's a convenient and economical method.

The sampling method of ground sampl plots, plot sizes and establish equation according to basins etc. corresponding problem have been discussed in this article.

Key words: remote sensing; multi-analysis; stock volume estimation