

森林二类调查中蓄积量遥感 估测方法应用实例

包盈智 袁凯先 赵宪文 曹发骥

摘要 探讨了用在 TM 数据中与地面对应的样点上测得的密度值和波段比,并加上定性因子与地面样地中分别测得的蓄积量进行多元回归,从而估测森林二类调查中所需的林业局、场、林班之蓄积量的方法。并与实测结果进行了对比,证明这一方法是可行的。为遥感在二类调查中的应用提供了必要依据。

关键词 遥感估测、森林蓄积、森林二类调查

目前,我国林区由于诸多因素影响,多不具备近期航摄资料,原有航片因拍摄年代久远,提供的地面现势资源信息有限,给森林二类调查工作带来很大困难。针对这一问题,为提高森林二类调查质量和效率,探索航天遥感资料在二类调查中应用的可能性,在大兴安岭地区的巴林、南木两林业局的森林二类调查中,以陆地资源卫星 TM 资料为主要信息源进行了实验研究^[1]。

森林蓄积量估测是二类调查的重要组成部分,也是本研究重点之一。本文讨论了用航天遥感资料在森林二类调查中估测林业局、林场及林班一级的蓄积量方法及精度等有关问题。

1 研究区和研究方法

研究区位于大兴安岭中段东南坡的巴林、南木两林业局,面积为 608 204 hm²,森林覆盖率为 76.7%。该区植物属达乌里植物区系,森林植被以落叶松(*Larix gmelini* (Rupr.) Rupr.)、白桦(*Betula pletyphylla* Suk.)、柞树(*Quercus mongolica* Fisch.)、黑桦(*B. dahurica* Pall.)、山杨(*Populus davidiana* Dode)等纯林或混交林为主。

该区森林蓄积量估测研究,使用的主要信息源是 1993—08—27 的陆地资源卫星 TM 数据。地面样地的定位用 1:5 万比例尺 TM 影像。蓄积量估测采用多元估测方法,地面样地测定的蓄积量作为因变量,自变量是与地面样地相对应的 TM 影像上每个样点的各波段密度值(SUN 工作站上读出)和多种比值项。另外,自变量还加入了在 TM 影像上判定的 3 个定性因子:龄组、优势树种组和色彩。

(1)一元回归结果分析:首先用 TM 数据 1、2、3、4、5、7 共 6 个单波段及 4/3、(4-3)/(4+3)等 8 个比值项,共 14 项分别与对应的地面样地测定的蓄积量之间进行相关分析。共用了 5

1995—12—04 收稿。

包盈智工程师,袁凯先,赵宪文(中国林业科学研究院资源信息研究所 北京 100091);曹发骥(吉林省林业调查规划院)。

种方法,结果列于表 1(表中只列出了 8 项)。

从表中可见,对植被生物量大小最为敏感的 4 波段的相关系数仅为 0.296,反映植物生长状态及对光的利用程度的 $(4-3)/(4+3)$ 比值项相关系数也仅为 0.382。表明单独各项与蓄积量之间的相关关系都不是十分紧密。说明用单独各项去估测蓄积量,都不能很好地反映出蓄积量的分布状况。每个单项估测蓄积量都有它的局限性。

表 1 经筛选的单波段及比值项与蓄积量之间的相关关系

方 法	4 波段	7 波段	4/3	7/3	$(4-3)/$ $(4+3)$	$(4 \times 5)/7$	$(5+7-2)/$ $(5+7+2)$	$3/(1+2+3$ $+4+5+7)$
一元线性回归	-0.296	-0.046	-0.362	-0.109	-0.382	-0.288	-0.189	0.242
一元幂曲线	-0.272	-0.121	-0.366	-0.185	-0.375	-0.247	-0.213	0.292
指数回归	-0.259	-0.102	-0.353	-0.197	-0.369	-0.215	-0.261	0.281
二次多项式回归	0.318	0.201	0.404	0.11	0.394	0.351	0.193	0.334
三次多项式回归	0.328	0.246	0.417	0.213	0.408	0.39	0.196	0.589

(2)多元回归估测:基于上述原因,本研究采用了多元估测的方法^[2],其数学表达式为:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_ix_i + \dots + b_nx_n$$

式中: y ——蓄积量; a ——回归常数; x_i ——参加回归的第 i 项自变量; $i=1,2,\dots,n$; b_i ——第 i 项自变量的回归系数。

上式中,样地蓄积量作为基准变量,自变量分为两部分:①TM 数据的 6 个单波段密度值及 8 个比值项;②3 个定性因子。龄组分幼中、成过两级,优势树种组分针叶树和阔叶树两级,卫片色彩分浅红、中红、深红、浅棕、中棕、深棕、浅蓝、中蓝、深蓝、浅黄、中黄、深黄、浅绿、中绿、深绿、白和黑共 17 级。将上述 17 个自变量进行多种组合,并在它们与蓄积量之间进行相关分析(表 2)。表 2 中可见,用多元方法估测蓄积后,各组自变量与蓄积量间的复相关系数比单项目有了明显提高。从表中自变量各种组合可见,增加定性因子和比值项对估测蓄积起了重要作用。

表 2 17 个项目的不同组合与蓄积量之间的相关关系

自变量个数 及组合	6 个单 波段	8 个各种 比值项	14 个项目(6 个 单波段 8 个比 值项)	9 个项目(3 个 定性因子 6 个 单波段)	11 个项目(3 个 定性因子 8 个 比值项)	17 个项目(3 个定 性因子 6 个单波 段 8 个比值项)
复相关系数	0.424	0.481	0.511	0.67	0.700	0.753

定性因子中的林龄组,其判读是依据下面两条原则进行的:①卫片的色彩差异。②粗糙度的不同。诚然,解译人员必须熟悉地面情况;用所收集的林业局的材料进行总体观察和综合分析。经地面验证表明林龄组的判对率达 78.6%。本区优势树种组判对率为 75%。

根据立地类型、森林植被类型的差异,在两林业局共选取了 6 个小流域。1、4 小流域位于中山、低山地带,靠近原始林区,是较典型的原始林区向次生林区过渡类型;2、3 小流域位于低山地带,是典型的天然次生林类型;5、6 小流域位于低山和丘陵地带,是次生林区向农牧区过渡类型。在每个流域内按 $2 \text{ km} \times 2 \text{ km}$ 系统布设样地,共收回了有林地样点 93 个。

2 结果与分析

2.1 对林业局、林场一级蓄积量的多元估测

在上述基础上,对样地蓄积量和遥感数据进行了多元回归分析^[3]。求得以蓄积量为因变量

y 的多元估测式:

$$y = -1\ 036.02 - 64.71x_1 + 0x_2 + 27.73x_3 + 0x_4 - 44.02x_5 - 33.05x_6 - 33.45x_7 - 11.69x_8 - 34.43x_9 - 43.53x_{10} + 0x_{11} + 5.36x_{12} + 0.56x_{13} - 3.96x_{14} + 0.71x_{15} + 1.18x_{16} - 20.47x_{17} + 112.73x_{18} - 297.2x_{19} - 258.5x_{20} - 368.88x_{21} + 1\ 903.13x_{22} + 0.35x_{23} - 409.11x_{24} + 13\ 009.58x_{25}$$

式中 y 为被估测的单位面积蓄积量; x_1, x_2 为林龄组; x_3, x_4 为树种组; $x_5 \sim x_{11}$ 为卫片色彩(在卫片上判读样地色彩共 7 种, 其余 10 种色彩均无, 故没有出现的色彩未参加回归); $x_{12} \sim x_{17}$ 是 TM 数据的 6 个单波段密度值; $x_{18} \sim x_{25}$ 是 TM 数据比值项。

用上式对巴林林业局和南木林业局两局、巴林林业局 5 个林场的蓄积量进行了估测, 估测出的蓄积量与此次二类调查实测值进行了比较(表 3)。

估测蓄积量时, 又对针叶树种组和阔叶树种组两类, 分别用样地蓄积量和遥感数据进行了多元回归分析。分别求得的以蓄积量为因变量 y 的多元估测式为:

$$y_{\text{针}} = 1\ 640.43 + 48.25x_1 + 0x_2 + 194.63x_3 + 195.4x_4 + 362.35x_5 + 179.05x_6 - 69.52x_7 + 78.78x_8 + 0x_9 - 4.33x_{10} - 108.03x_{11} + 140.83x_{12} + 57.38x_{13} - 38.53x_{14} - 47.78x_{15} + 231.96x_{16} - 3\ 728.24x_{17} - 5\ 535.52x_{18} - 7\ 272.93x_{19} - 70\ 695.63x_{20} - 4.15x_{21} - 11\ 492.09x_{22} + 99\ 983.9x_{23}$$

$$y_{\text{阔}} = 1\ 459.91 - 85.87x_1 + 0x_2 - 3.11x_3 + 8.91x_4 - 1.04x_5 + 23.63x_6 + 1.18x_7 + 11.91x_8 + 0x_9 + 8.01x_{10} - 1.59x_{11} - 0.04x_{12} - 1.56x_{13} + 5.14x_{14} - 38.69x_{15} + 156.8x_{16} - 689.91x_{17} + 87.62x_{18} - 703.15x_{19} + 1\ 817.9x_{20} + 0.33x_{21} - 426.26x_{22} + 21\ 814.26x_{23}$$

其中 x_1, x_2 为林龄组, $x_3 \sim x_9$ 为卫片色彩, $x_{10} \sim x_{23}$ 为 TM 单波段密度值及各种比值项。用上列回归式估测的蓄积量及精度均列于表 3。从表 3 可见, 分别针叶树种组和阔叶树种组估测的蓄积量精度明显提高。

两林业局合计的遥感资料估测总蓄积为 22 584 956 m^3 , 实测总蓄积为 21 615 261 m^3 , 遥感估测精度为 95.5%。

根据内蒙古自治区 1992 年《森林资源规划设计调查技术规程》要求, 林业局一级的有林地蓄积量精度应达到 90%。

巴林局遥感估测总蓄积为 10 716 004 m^3 , 实测总蓄积为 11 152 508 m^3 , 估测精度达 96.1%, 完全满足了规程要求。南木局的遥感估测蓄积精度为 96.9%, 也达到规程的精度要求。

表 3 遥感估测蓄积量与实测蓄积量比较

(单位: m^3)

项 目	巴 林 林 业 局							南木林业局	两局合计
	全局	刺嘛山林场	雅鲁林场	二道河林场	博克图林场	爱林源林场			
实 测	合 计	11 152 508	2 032 248	2 398 245	2 278 174	1 319 186	3 124 655	10 462 753	21 615 261
	针 叶	2 686 988	185 173	386 896	996 990	106 464	1 011 465	2 954 299	5 641 287
	阔 叶	8 465 520	1 847 075	2 011 345	1 281 184	1 212 722	2 113 190	7 508 454	15 973 974
遥 感 估 测	未分类	12 168 044	2 792 106	2 680 079	1 969 466	1 775 237	2 951 154	11 450 681	25 562 015
	分 类								
	针叶	2 644 660	254 911	350 782	899 006	117 233	1 022 726	3 603 714	5 801 764
	阔叶	8 071 344	2 099 118	1 940 418	975 798	1 366 108	1 689 904	7 177 805	16 783 192
精 度 (%)	未分类	91.06	62.61	88.25	86.45	65.43	94.45	90.56	81.74
	分 类	96.1	84.2	95.5	82.3	87.6	86.8	96.9	95.5

根据规程要求,林场一级的有林地蓄积精度应达到 85%。从表 3 巴林局一栏可知,雅鲁林场、博克图林场和爱林源林场的蓄积估测精度均高于 85%,满足了二类调查规程精度要求。喇嘛山林场蓄积估测精度为 84.2%,也基本达到了二类调查规程的要求。

二道河林场的蓄积量估测精度为 82.3%,未能达到二类调查的精度要求,这是由于在巴林林业局,阔叶林占有林地总面积的 8.2 成。前 4 个林场阔叶林面积比重均接近于全局的阔叶林面积比重,故估测精度较高,而在二道河林场,针叶林面积占有林地面积比重大,且含部分幼林,致使综合精度降低。

以上表明:用遥感资料估测林业局一级的蓄积量是完全可行的。对林场一级的蓄积量估测,当主要林分与总体基本一致时,也可以满足二类调查规程的精度要求。

2.2 林班一级蓄积量的多元估测

在森林二类调查中,林班的蓄积量测定是非常重要的环节。以前未见过利用遥感资料估测林班蓄积量的报道,但遥感资料用于森林二类调查是势在必行,在此环节上的研究是必不可少的。

首先选取了 4 个小流域,共有 35 个林班,总面积 13 302 hm²,包括原始林向次生林过渡类型和天然次生林类型。估测林班蓄积时,沿用了林业局多元估测蓄积量的方法(结果见表 4)。

森林二类调查规程要求林班一级的蓄积量估测精度至少要达到 80%。从表 4 精度一列可知,35 个林班中,有 21 个遥感估测的蓄积量精度达到 80%以上,占全部林班数的 60%。估测精度最高达 99.35%,与实测值仅差 130 m³。在第 1 小流域,精度 80%以上的有 7 个林班,占流域的 77.8%,总平均精度为 86.2%。第 4 小流域,估测精度在 80%以上者占流域的 80%,其总平均精度达 87.7%。另外,有两个林班的精度分别达到 79.38%和 79.04%,也基本达到了规程的精度要求,因此基本达到规程精度要求的林班占全部林班的 66%。

表 4 林班的遥感估测蓄积量与实测比较

(单位:m³)

林班号	实 测	遥感估测	精度(%)	林班号	实 测	遥感估测	精 度(%)
72	18 490	15 223	82.23	130	20 110	20 240	99.35
73	14 505	14 321	98.73	144	14 755	18 041	77.73
80	9 950	11 839	81.01	145	8 600	14 433	32.17
87	22 575	19 057	84.42	149	6 470	12 629	5.0
50	25 320	21 538	85.06	150	26 025	28 359	91.03
51	22 230	17 647	79.38	154	15 623	14 039	89.85
52	20 200	14 828	73.4	155	16 661	15 449	92.72
53a	21 225	20 410	96.16	53b	16 255	22 157	63.69
66a	20 625	19 677	95.4	55	25 295	23 567	93.17
14	20 721	19 564	94.42	56	10 720	12 967	79.04
20	14 084	20 071	57.49	57	24 770	22 440	90.59
21	7 766	13 869	21.4	64	19 430	22 044	86.55
22	7 550	12 685	32.0	65	23 690	21 989	92.82
38	9 444	12 459	68.07	66b	20 020	20 916	95.52
39	5 647	8 344	52.24	67	20 390	18 155	89.04
40	5 950	9 866	34.18	68	13 415	14 827	89.47
15	18 824	17 478	92.85	76	14 863	14 434	97.11
41	7 530	14 489	7.6				

其它林班中,有8个林班的有林地完全是天然次生幼龄林和人工幼龄林,幼龄林占8成左右的林班有4个。其蓄积量估测精度均低于二类调查规程对林班精度的要求。这是由于幼龄林的单位面积蓄积量跳动很大。对巴林、南木两林业局幼龄林统计显示,单位面积蓄积量的分布最低为0,最高可达116 m³。

因此,在森林二类调查中,对幼龄林蓄积量的遥感估测,可单独将幼龄林划分出来,作为一个独立单位对它进行蓄积量估测,相信精度会有大幅度提高。

以上分析可见,用遥感资料估测林班一级的蓄积量是可能的。尤其在林分较整齐的林区(如第4小流域林分较整齐,它的10个林班中有9个林班蓄积估测精度都在80%左右)。

3 小 结

(1)利用航天遥感资料配合少量地面样地,采用多元估计的方法,对林业局一级及林场一级进行森林蓄积量估测,是完全可行的。对林班一级进行蓄积量估测也是可能的。

(2)使用比值项和加入定性因子,是航天遥感资料多元估测蓄积量的关键。

(3)从估测精度及使用效果看,TM影像完全可替代航片作为森林二类调查的基础资料。

应用航天遥感资料在森林二类调查中估测林业局、林场及林班的蓄积量的实践表明,遥感资料应用于森林蓄积量估测的方法已经成熟,精度基本可满足二类调查规程要求,并且TM数据信息存贮介质是磁带,各种信息便于计算机处理。

参 考 文 献

- 1 包盈智,赵宪文. 航天遥感资料在森林二类调查中的应用研究. 林业科技通讯,1996.(2):14~16.
- 2 北京林业大学. 数理统计. 北京:中国林业出版社,1980.
- 3 赵宪文. 用遥感资料估测森林蓄积量方法的研究. 见:赵宪文主编:再生资源遥感研究(华北区),北京:中国林业出版社,1988,66.

An Example on Forest Stock Estimation Using Remote Sensing in Forest Management Inventory

Bao Yingzhi Yuan Kaixian Zhao Xianwen Cao Faji

Abstract A multi-regression equation was established by using density value, band ratio of sample points on TM image, which were corresponding to the field sample plots, 3 qualitative factors and the stock value measured from the field sample plots. This equation can be used to estimate the stock values of forestry bureaus, forest farms, or forest compartments in forest management inventory. Finally, the data obtained from the remote sensing estimation was compared with that obtained from the field inventory. It proved that this method is effective. It provides scientific basis for remote sensing application in forest management inventory.

Key words remote sensing estimation, forest stock, forest management inventory

Bao Yingzhi, Engineer, Yuan Kaixian, Zhao Xianwen (The Research Institute of Forest Resources Information Technique, CAF, Beijing 100091); Cao Faji (The Institute of Forest Inventory and Planning in Jilin Province).