

双重二阶抽样提高森林资源抽样精度的研究

张宗秀,高天雷,张文

(四川省林业调查规划院,四川成都 610081)

摘要: 双重二阶抽样是指对同一调查总体采取两种调查方法组织二阶样本进行总体估算的一种调查抽样方法。由于简单成数抽样无法保证小成数抽样对象的调查精度,因此,双重二阶抽样是近年来森林资源调查中广泛应用的一种抽样调查方法。以2007年四川省森林资源连续清查数据为案例,通过研究和分析对比结果表明,双重二阶抽样能够明显提高各类土地面积的成数估计精度。在8个林地土地类型中,提高精度由高到低的排序结果为:未成林地(26.52)、竹林地(16.93)、疏林地(16.21)、混交林(11.14)、其他林地(8.03)、阔叶林地(5.57)和针叶林地(4.09)、灌木林地(4.01)。

关键词: 双重二阶;森林资源;抽样精度

中图分类号: S792

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2013)05-0008-05

1 森林资源调查及双重二阶抽样

1.1 森林资源调查体系

森林资源调查是获取森林资源本底信息的直接、有效方式,是提供森林经营和管理科学依据的必然要求。依据《中华人民共和国森林法》和《中华人民共和国森林法实施条例》,我国将森林调查按地域范围和目的分为3(或4类):以国家为总体、以各行政区域为单元的森林资源连续清查,简称为一类调查;以县级行政区域为总体、以森林经营管理单位为单元,以提供森林经营和管理规划为目的的森林规划设计调查,简称二类调查;以特定区域为范围、以获取特定对象基础信息为目的的专项调查,简称三类调查,如造林作业设计调查、采伐作业设计调查、湿地调查等。也有将各项林业经营活动成效检查(复查、核查)作为森林资源调查体系的一部分看待的观点,此类调查统一简称为四类调查。这些调查从范围上讲由大到小、由面到点;从内容上讲由粗到细,由宏观到微观;它们逐级细化,相互补充,形成了我国特有的森林资源调查体系。

1.2 四川省森林资源连续清查

我国森林资源连续清查大都沿用成数抽样理论,采用系统布点、样地调查方法进行总体推算。这

种方法优点就是简单实用,在成数估计准确的前提下,林地面积、活立木蓄积、森林覆盖率等主要指标的抽样精度能够得到很好的保证,但其地面工作量大、点间距离远、成数低的对象抽样使精度无法保证的缺点也十分突出。随着遥感(RS)技术、全球定位系统(GPS)技术的发展与普及和林业发展定位的深化,改革森林资源连续清查方法和手段、丰富调查内容、提高调查精度,已成为体系发展的必然选择^[1]。为此,四川省自1997年开始,在10 098个地面固定样地体系的基础上,采用遥感技术在全省布设121 235个遥感样地进行遥感样地解译并选择10%进行地面验证,以地面固定样地和遥感解译样地共同组成森林资源连续清查样本进行抽样总体推算。

1.3 双重二阶抽样技术

自挪威统计学家A. N. Kiaer提出抽样概念以来,抽样理论与技术得到了迅速发展与应用^[2]。1900年到1920年间,林业文献中逐渐出现了统计学理论和应用,尤其是北欧国家^[3]。据宋新民,李金良撰写的《抽样调查技术》^[4]和肖兴威编写的《中国森林资源清查》^[5]书中介绍,我国第一次(1953年~1962年)全国森林资源调查主要采用经验目测法、带状标准地估计法。四川省在此期间还进行了相关的抽样调查和实测检验,为后续抽样调查技术在森林资源调查中的普遍应用奠定了基础。

收稿日期: 2013-07-15

基金项目: 四川省林业厅科技项目(2009-214)。

作者简介: 张宗秀(1964-),女,高级工程师,长期从事森林资源调查与评估工作。

森林资源“双重二阶抽样”就是采用遥感与地面调查相结合的方法,组织地面固定样地与遥感判读样地双重样本。遥感抽样组织一阶样本,地面调查样地形成二阶样本,用一阶与二阶配对样地,修正判读样地估计成数,从而估计总体特征。

2 基础数据和研究方法

2.1 基础数据

本文研究的基础数据为四川省森林资源连续清查第五次复查(2007年)数据。全省地面固定样地10 098个,遥感解译判读样地121 235个。地面样地信息获取和遥感样地判读解译技术标准均按国家林业局颁布的《森林资源连续清查技术规定》、《森林资源调查遥感解译技术规范》执行,且调查成果数据通过国家林业局调查质量检查。

2.2 研究方法

应用国家林业局有关森林资源连续清查数据处理要求进行统计计算,其应用的主要方法和分工如下。

2.2.1 遥感样地判读成数(P_i)

$$P_i = \frac{m_i}{N} \quad (1)$$

式中: P_i ——判读样地成数;

M_i —— i 类样地判读数;

N ——遥感判读样地总数。

2.2.2 遥感样地与地面样地配对最低数量

$$n = \frac{t^2(1-P)}{PE^2} [1 - r^2 + \frac{r^2}{K}] \quad (2)$$

式中: n ——遥感样地与实测样地匹配的最低要求数;

P ——地类面积成数;

E ——面积估计相对误差;

r ——相关系数;

t ——可靠性指标;

K ——卫片判读样地为地面调查样地的倍数。

2.2.3 成数估计校正

假如遥感地类为 i 类,遥感地类 i 的判读修正成数为 D_i 。将判读样地与地面调查样地相匹配,用地面调查固定样地对遥感判读样地成数进行修正。如判读样地 k 类地类中固定样地为 i 类的样地比例为 Y_{ki} ,那么遥感判读样地 i 类地类的判读成数校正值为:

$$D_i = \sum_{k=1}^k Y_k Y_{ki} = Y_1 Y_{1i} + Y_2 Y_{2i} + \dots + Y_l Y_{li} \quad (3)$$

式中: k ——遥感判读地类总类数,

$$Y_{ki} = \frac{a}{b} \quad (4)$$

式中: a ——遥感样地 k 地类匹配地面调查样地的总数;

b ——遥感样地 k 地类匹配地面样地 i 地类的样地数。

修正后各地类成数之和应等于1,即

$$\sum_{i=1}^k D_i = 1 \quad (5)$$

2.2.4 面积估计

第 i 地类的面积估计数为:

$$A_i = A \cdot D_i \quad (6)$$

2.2.5 方差无偏估计

$$s^2(D_i) = \sum_{x=1}^x P_x^2 \frac{P_{xi}(1-P_{xi})}{n_x} +$$

$$\frac{\sum_{x=1}^x P_x P_{xi}^2 - (\sum_{x=1}^x P_x P_{xi})^2}{N} \quad (7)$$

式中: n_x ——与地面调查样地相匹配的 x 类判读样地的样地数;

N ——遥感判读总样地数。

2.2.6 精度计算

$$\text{标准差 } S(D_i) = \sqrt{S^2 D_i} \quad (8)$$

误差限

$$\Delta i = A \times t \times S(D_i) \quad (9)$$

其中 t 为可靠性95%时的 t 值; A 为总体面积。

抽样精度

$$p_i = 100 - (100 \times \Delta i / A_i) \quad (10)$$

2.2.7 地面调查样地抽样精度

地面样地抽样精度计算公式如下:

$$Z_i = 1 - \sqrt{\frac{1 - P_i}{P_i(N - 1)}} \times t \times 100\% \quad (11)$$

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (12)$$

式中: Z ——抽样精度;

P_i —— i 地类面积成数;

n —— i 地类样地数;

N ——地面样地总数。

3 研究结果

3.1 地面匹配样地数与遥感地面验证样地

假设面积估计相对误差为 5% ,卫片判读样地为地面调查样地的 12 倍 ,可靠性为 95% ($t = 1.96$) ,地类面积成数为 15% ,相关系数为 0.7 ,遥感判读验证数为 4 797 个。

根据遥感解译规定 ,以公里网交叉点为中心点 ,周边 3 个像素共计 9 个像素为遥感样点判读点。2007 年使用遥感影像地面分辨率 23 m ,因此 ,与地面调查样地严格的匹配距离误差应该为 34.5 m ($23 + 23/2$) 。考虑遥感影像校正 1 个像素误差 ,地面样地定位与判读位移误差 1 个像素考虑 ,则基本可以认为同一位置的误差限为 $34.5 + 23 \times 2 = 80.5$ m 。大于 80.5 m 的地面样地则不能被认为与判读点位置相同。

按此原则统计 ,地面样地与遥感样地位移误差在 34.5 m 以内的地面样地个数为 6 214 个 ,大于最低要求 4 797 个 ,由此 ,这 6 214 个地面样地为遥感样地的验证样地。

3.2 遥感判读样地成数

将遥感样地土地分类分有林地(细分针叶林林

地、阔叶林林地、针阔混交林林地和竹林地) 、疏林地、灌木林地、未成林地和其他林地(包括苗圃地、无立木林地和宜林地以及林业辅助生产用地) 8 个林地地类和非林地 ,共 9 类。遥感样地各地类判读成数见表 1。

表 1 遥感样地地类成数表 (单位: 个)

地类	样地数量 m_i	样地数量 m_i
针叶林	21 857	0.180
阔叶林	8 830	0.073
混交林	2 605	0.021
竹林	1 368	0.011
疏林地	323	0.003
灌木林地	26 631	0.220
未成林地	118	0.001
其他林地	835	0.007
非林地	58 668	0.484
合计	121 235	1.000

3.3 遥感样地成数估计

遥感样地成数估计修正值计算分三分实现 ,首先计算遥感样地配对地面样地数量 ,然后计算配对地面样地分配比例 ,最后计算遥感样地与配对地面样地交叉比例积 ,累计地面样地交叉遥感样地比例积即为遥感判读样地成数估计修正值。根据各类方差无偏估计和地类面积估计值求算估计误差限 ,计算各地类抽样精度。详见表 2、表 3 和表 4。

表 2 遥感样地配对地面样地表 (单位: 个)

判读地类	遥感判读		样地数 n_i	配对样地(地面样地) n_y								
	样地数量 m_i	样地数量 m_i		针叶林	阔叶林	混交林	竹林	疏林地	灌木林地	未成林地	其他林地	非林地
针叶林	21 857	0.180	708	412	56	24	2	12	83	2	20	97
阔叶林	8 830	0.073	259	24	149	7	2	1	36	1	4	35
混交林	2 605	0.021	89	22	14	32	1	1	13	0	2	4
竹林	1 368	0.011	36	4	1	1	17	0	4	0	1	8
疏林地	323	0.003	19	4	0	0	0	5	1	0	2	7
灌木林地	26 631	0.220	1 456	37	24	6	4	7	574	3	62	739
未成林地	118	0.001	11	0	3	0	0	0	0	6	1	1
其他林地	835	0.007	146	2	2	0	0	1	4	1	123	13
非林地	58 668	0.484	3 490	74	58	15	14	7	160	4	40	3 118
合计	121 235	1	6 214	579	307	85	40	34	875	17	255	4 022

表 3 遥感样地配对地面样地比例分配表

判读地类	配对样地地面调查结果 P_y									
	针叶林	阔叶林	混交林	竹林	疏林地	灌木林地	未成林地	其他林地	非林地	Σ
针叶林	0.582	0.079	0.034	0.003	0.017	0.117	0.003	0.028	0.137	1.000
阔叶林	0.093	0.575	0.027	0.008	0.004	0.139	0.004	0.015	0.135	1.000
混交林	0.247	0.157	0.360	0.011	0.011	0.146	0.001	0.022	0.045	1.000
竹林	0.111	0.028	0.028	0.472	0.000	0.111	0.000	0.028	0.222	1.000
疏林地	0.211	0.000	0.000	0.000	0.263	0.053	0.000	0.105	0.368	1.000
灌木林地	0.025	0.016	0.004	0.003	0.005	0.394	0.002	0.043	0.508	1.000
未成林地	0.000	0.273	0.000	0.000	0.000	0.000	0.545	0.091	0.091	1.000
其他林地	0.014	0.014	0.000	0.000	0.007	0.027	0.007	0.842	0.089	1.000
非林地	0.021	0.017	0.004	0.004	0.002	0.046	0.002	0.011	0.893	1.000

表 4 遥感样地配对地面样地成数修正值表

判读地类	经二重样本修正后地面样地成数 P'_i								
	针叶林	阔叶林	混交林	竹林	疏林地	灌木林地	未成林地	其他林地	非林地
针叶林	0.105	0.014	0.006	0.001	0.003	0.021	0.001	0.005	0.025
阔叶林	0.007	0.042	0.002	0.001	0.000	0.010	0.000	0.001	0.010
混交林	0.005	0.003	0.008	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001
竹林	0.001	0.000	0.000	0.005	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002
疏林地	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
灌木林地	0.006	0.004	0.001	0.001	0.001	0.087	0.000	0.009	0.112
未成林地	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
其他林地	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.001
非林地	0.010	0.008	0.002	0.002	0.001	0.022	0.001	0.005	0.432
Σ	0.134	0.072	0.019	0.009	0.006	0.145	0.003	0.028	0.584

3.4 遥感抽样地类面积估计

按总体面积 48 374 424 hm^2 计算, 根据以上计算的遥感样地成数修正值估计各地类面积, 见表 5。

表 5 遥感解译地类面积估计表 (单位: hm^2)

地类	修正成数	估计面积
针叶林	0.13435	6 499 200.6
阔叶林	0.07192	3 479 040.2
混交林	0.01878	908 229.8
竹林	0.00914	442 287.4
疏林地	0.00649	313 901.6
灌木林地	0.14479	7 003 939.4
未成林地	0.00286	138 109.0
其他林地	0.02799	1 353 951.8
非林地	0.58369	28 235 764.3
Σ	1.00000	48 374 424.1

3.5 抽样精度及与地面调查样地比较

3.5.1 遥感解译各地类抽样精度

通过遥感解译样地成数估计及修正, 依据方差无偏估计以及估计面积, 各地类遥感解译抽样精度见表 6。

表 6 遥感解译各地类抽样精度表 (单位: %)

地类	修正成数	估计面积	方差	标准差	误差限	误差	估计精度
针叶林	0.13435	6 499 200.6	0.0000168	0.0041	37 639.3	0.58	99.42
阔叶林	0.07192	3 479 040.2	0.0000109	0.0033	30 407.3	0.87	99.13
混交林	0.01878	908 229.8	0.0000037	0.0019	17 675.7	1.95	98.05
竹林	0.00914	442 287.4	0.0000016	0.0013	11 546.6	2.61	97.39
疏林地	0.00649	313 901.6	0.0000013	0.0011	10 463.4	3.33	96.67
灌木林地	0.14479	7 003 939.4	0.0000192	0.0044	40 282.9	0.58	99.42
未成林地	0.00286	138 109.0	0.0000005	0.0007	6 175.4	4.47	95.53
其他林地	0.02799	1 353 951.8	0.0000040	0.0020	18 342.0	1.35	98.65
非林地	0.58369	28 235 764.3	0.0000244	0.0049	45 366.2	0.16	99.84
Σ	1.00000	48 374 424.1					

3.5.2 地面调查各地类抽样精度

地面调查样地调查按成数抽样理论计算各地类估计误差限和抽样精度, 见表 7。

表 7 地面样地各地类抽样精度表 (单位: %)

地类	样地数 (n)	成数 P_i	误差限				精度
			$1 - P_i$	$P_i(N-1)$	t	值	
针叶林	1 497	0.150	0.850	1 494.3	1.96	4.67	95.33
阔叶林	848	0.085	0.915	846.77	1.96	6.44	93.56
混交林	220	0.022	0.978	219.164	1.96	13.09	86.91
竹林	99	0.010	0.990	99.62	1.96	19.54	80.46
疏林地	103	0.010	0.990	99.62	1.96	19.54	80.46
灌木林地	1 540	0.155	0.845	1 544.11	1.96	4.59	95.41
未成林地	38	0.004	0.996	39.848	1.96	30.99	69.01
其他林地	416	0.042	0.958	418.404	1.96	9.38	90.62
非林地	5 202	0.522	0.478	5 200.16	1.96	1.88	98.12
Σ	9 963	1.000					

样地修正遥感判读样地估计成数, 最终估计地类面积。该方法与传统成数抽样各地类抽样精度比较见表 8。

表 8 二阶抽样与成数抽样精度比较 (单位: %)

地类	二阶抽样估计精度	成数抽样估计精度	精度差异
针叶林	99.42	95.33	4.09
阔叶林	99.13	93.56	5.57
混交林	98.05	86.91	11.14
竹林	97.39	80.46	16.93
疏林地	96.67	80.46	16.21
灌木林地	99.42	95.41	4.01
未成林地	95.53	69.01	26.52
其他林地	98.65	90.62	8.03
非林地	99.84	98.12	1.72

3.5.3 双重二阶抽样与成数抽样精度对比

遥感样地经地面固定样地验证, 通过地面固定

4 结论与讨论

(1) 通过分析可以明显看出, 以遥感解译结合

地面调查为核心的“双重二阶抽样”能明显提高各类土地面积的成数估计精度^[6-10]。尤其是林地各种类型,其提高幅度都在4%以上。

(2) “双重二阶抽样”对成数低的土地类型抽样精度的提高幅度明显。在分列的8种林地类型中,成数比例偏小的未成林地提高抽样精度26.52%,竹林提高抽样精度16.93%,疏林地提高抽样精度16.21%。未成林、竹林和疏林都属小成数林地类型,通过“双重二阶抽样”能够很好满足小成数林地类型抽样精度的需要。

(3) 采用“双重二阶抽样”可以进一步以某种遥感判读地类面积估计值为总体,以地面样地配对交叉比例求算一些遥感解译无法细分的小地类估计面积。

(4) 遥感结合地面调查,不仅能够提高森林资源监测抽样精度,而且由于遥感的优势大大减轻了地面工作量,提高了监测体系工作效率,丰富了监测信息,拓展了监测成果服务领域,尤其是长期以来困扰林业管理者的小成数林地抽样精度和可靠性问题。

(5) 随着遥感信息源的多元化发展趋势,获取遥感数据便利程度将会更加方便,遥感信息获取的成本也将会大大降低。遥感数据空间分辨率只会越

来越高,遥感解译正判率随着遥感数据空间分辨率和遥感应用技能的积累与提高将会快速得到提高。因此,“双重二阶抽样”理论和方法在森林资源监测以及林业管理工作中的应用将更加深入和完善。

参考文献:

- [1] 刘华,陈永富,鞠洪波,等.美国森林资源监测技术对我国森林资源一体化监测体系建设的启示[J].世界林业研究,2012,25(6):64~68.
- [2] Annika Kangas, Matti Maltamo. Forest Inventory Methodology Applications[M]. New York: Springer, 2006.
- [3] 史京京,雷渊才,赵天忠.森林资源抽样调查技术方法研究进展[J].林业科学研究,2009,22(1):101~108.
- [4] 宋新民,李金良.抽样调查技术[M].北京:中国林业出版社,2007.
- [5] 肖兴威.中国森林资源清查[M].北京:中国林业出版社,2005.
- [6] 王海霞.谈二阶抽样调查在林业资源监测中的应用[J].华东森林经理,2003,17(3):31~33.
- [7] 孙华,林辉,石军南,等.湖南省森林资源连续清查遥感抽样技术的对比分析[J].中南林业科技大学学报,2010,30(11):26~31.
- [8] 熊泽彬.遥感技术在连清应用中的抽样效率研究[J].中南林业调查规划,2001,20(1):62~65.
- [9] 葛宏立,周国模,张国江,等.遥感、地面三相抽样及其在森林资源年度监测面积估计中的应用[J].林业科学,2007,43(6):77~82.

声 明

近日在互联网上发现某些网站及个人,未经四川省林学会编辑部授权,以《四川林业科技》的名义在线接受投稿,混淆和误导了广大作者。这些未经本编辑部授权的网站存在很大的安全隐患,本编辑部将保留对涉嫌侵权的不法网站追究法律责任的权利。为了保障作者的利益,维护四川省林学会主办的《四川林业科技》品牌形象,本学会编辑部声明如下:

请广大作者经正规渠道投稿,即将稿件发送至《四川林业科技》邮箱:scslxh2004@163.com。此邮箱为《四川林业科技》编辑部采稿的唯一渠道。对于作者与未授权网站、个人进行交易所造成的损失、纠纷及由此引起的任何法律争议和后果,我编辑部概不负责。

