

77-83

F323.211

# 农用地资源卫星遥感抽样调查 和监测中分层技术的应用研究

周华茂 俞歌农 曾良修 刘鼎昌 张 驰

**摘 要** 分层技术是遥感分层抽样调查与监测方法中的关键技术之一。本研究以四川省为调查研究区,通过对影响农用地利用类型分布的主要因子的综合分析,结合卫星遥感抽样技术的具体要求,确定了土地利用类型区的分层原则和依据,提出了层与亚层划分的具体特征和指标。本文以大区域地理条件和综合农业生产状况为特征指标将研究区划分为7个层,依据微地貌特征指标将层划分为25个亚层,建立了能满足1:10万农用地利用现状卫星遥感宏观监测要求的二级土地利用类型区分层系统。

**关键词** 分层技术 土地利用类型 卫星遥感 抽样调查

利用卫星遥感影像资料开展土地资源调查与监测已是被普遍采用的一种快速准确、低费用和操作性强的基本方法<sup>[1,2]</sup>。采用卫星遥感抽样调查的方法能在保证调查精度的条件下进一步提高工作效率<sup>[3]</sup>。土地利用类型区的分层是遥感影像与地面调查结合的基础,也是实现遥感抽样和建立地面取样框图的前提条件。分层质量的好坏,直接影响到遥感抽样调查的效率和精度<sup>[4]</sup>。本研究是四川省农用地利用现状卫星遥感宏观监测技术体系研究中的一项关键技术研究。

## 1. 研究区概况和研究资料

### 1.1 研究区基本概况

本研究选择四川省(含现在的重庆直辖市范围)为研究区。研究区内地形地貌类型复杂多样,地域差异显著,土地利用类型齐全,是适合于开展农用地资源遥感宏观调查与监测的较具代表性的研究区域。

该区地理位置在东经 $97^{\circ}26'$ — $110^{\circ}21'$ ,北纬 $26^{\circ}01'$ — $34^{\circ}21'$ ,土地总面积约56.7万 $\text{Km}^2$ 。行政区划共辖23个地区(市、州),219个县(市、区)。区内地处亚热带,地貌有平原、丘陵、山地和高原四大类型。优越的自然环境蕴藏着十分丰富的自然资源,形成了类型较完整、形式多样化和具有典型地域性的土地利用和土地覆盖。

### 1.2 研究资料

以1:10万地形图为底图资料,参考1:100万土壤图、地质图,1:50万土地利用图、地形图以及相关区划资料(地貌区划、自然资源区划、农业区划等),辅以地形图分幅接合图表

本文为国防科工委资助项目(93国航办技字8号)的一部分,得到农业部的支持,承蒙晏懋昭研究员指导,一并致谢。

作者单位:四川省农科院遥感应用研究所 中国 成都 610066

收稿日期:1998-03-11

和陆地卫星影像 (TM) 图幅接合图表等。

## 2. 分层的原则和依据

土地利用类型分层是将整个调查区按农用地利用现状基本一致划分为若干区域 (层), 其基本的划分原则是遵循层内方差极小、层间方差极大的原理, 以保证分层抽样调查中样方的代表性和调查结果的可靠性。影响土地利用类型分布的因素很多, 而自然条件 and 生产现状特点是其最主要的决定因素。自然条件直接影响到各区域的农业生产特点, 造成农业生产布局的地域分异, 因此分层时首先要分清各区域自然条件的差别, 使层内部的自然条件基本一致。其次, 农业生产的特点和现状, 包括土地利用方式、耕作制度和生产水平等, 是土地利用类型构成差异的具体表现, 分层应保持其内部具有较大的共同性<sup>[3]</sup>。本研究主要以调查区的综合自然区划、气候区划、地貌区划、综合农业区划等区划成果 (图件、数据等) 为依据进行综合分层<sup>[6-7]</sup>。

## 3. 分层系统及分层方法

根据上述分层原则和依据, 综合考虑建立抽样体系和地面取样框图的要求以及样方调查数据外推统计的需要, 建立了土地利用类型二级分层系统 (表 1)。

### 3.1 层的划分

层的划分, 主要反映整个调查区内受大的区域地理条件 (如地理位置、气候条件、大的地形地貌等) 和综合农业生产状况 (如土地利用方式的主导方向, 以农或牧或林为主等) 的影响而形成的土地利用类型总体区域分布差异。层的划分除了作为亚层划分的控制外, 还对抽样技术体系中 TM 影像幅的选择和抽样率确定起控制作用。因为一个 TM 影像幅面积达 3.4 万  $\text{Km}^2$ , 整个研究区涉及 40 幅 (约 20 个整幅), 而抽样调查只能抽取其中一部分像幅作为样方调查资料, 因此 TM 影像轨道号的选择只能以层为基础进行, 并且要求层的面积不能太小 (如果层面积太小, 则会造成必须抽到所有或绝大部分的影像幅)。此外, 抽样过程是以层作控制抽取影像幅后, 再以影像幅作控制布设样方的, 所以抽样率是否满足要求是在层内进行衡量的。

### 3.2 亚层的划分

亚层是在层划分的基础上依据微地形地貌对土地利用构成的影响来区分的, 主要体现在层内土地利用类型的地域分异规律。亚层在层内可以是零星和不连续分布的, 层内可以同时存在多个独立的相同亚层。一个样方内允许同时存在多个亚层, 在样方数据统计分析时先求算各亚层内不同地类面积的百分比, 然后再根据某一基本单元 (层或县) 内各亚层的面积来外推该基本单元的各种地类面积。因此, 亚层的划分是抽样调查中面积统计与推算的基础。

## 4 分层结果

调查区共划分为 7 个层, 25 个亚层。层以 I、II、……VI、VII 表示, 亚层是在层内按 7 种基本地貌单元来分, 以 I-1、II-1、……VII-7 等表示, 每个层内划分出 3—5 个亚层 (表 1)。

分层结果及层、亚层的基本描述见表 2。

### 1. 东部盆地平原浅丘农区

表 1 土地利用类型分层系统及特征

Table 1. A sampling stratification system for land use survey

层 Stratum	亚层 Sub-stratum							
	地貌单元 Geomorphic unit	平坝 Plain (1)	丘陵 Hills (2)	低山 Low mountains (3)	低中山 Middle mountains (4)	中高山 Sub- alpines (5)	高山极高山 Alpines (6)	高原高山原 Plateau (7)
	海拔 Altitude	<1000m	<1000m	<1000m	<2500m	<4000m	>4000m	>3000m
	相对高差 Relief	<20m	<200m	>200m	>200m	>200m	>200m	<200m
东部盆地平原浅丘农区 Agricultural plantation in plains and small hills of east Basin		I-1	I-2	I-3				
东部盆地丘陵农经区 Agricultural and economic plantation in hilly areas of the east Basin		I-1	I-2	I-3	I-4			
盆周山地农林区 Agricultural and forest area in the fringes of the Basin		II-1	II-2	II-3	II-4	II-5		
西南山地农林牧区 Agricultural, forest and pastoral area in southwest mountains		III-1			IV-4	IV-5	IV-6	
西北高山峡谷林牧区 Forest and pastoral area in northwest high ranges					V-4	V-5	V-6	
西部高山林牧区 Forest and pastoral area in west alpines					VI-4	VI-5	VI-6	
西北高原牧林区 Pastoral and forest area in northwest plateau						VII-5	VII-6	VII-7

位于调查区东部,四川盆地中部,地貌类型以平原和浅丘为主,是调查区内水田最多,耕地最集中的区域。垦殖系数达40%以上,旱地复种指数高,水田稻麦、稻油是基本耕作制度。该层包含成都、德阳、南充、遂宁、广安、内江、乐山市的大部分地区和绵阳、重庆、达川市的小部分地区。面积6.94万km<sup>2</sup>,占调查区总面积的12.25%。

I-1. 平原(平坝)区,含部分台地,海拔<1000m,相对高差<20m,耕地是其主要土地利用类型,其中以水田为主。该亚层面积76.74万公顷,占层面积的11.06%,其中耕地占亚层面积60%,耕地中水田占98%以上。

I-2. 丘陵区,海拔<1000m,相对高差<200m,耕地是其主要土地利用类型,其中水田略少于旱地。该亚层面积584.36万公顷,占层面积的84.17%,其中耕地占亚层面积的54%,耕地中水田占40%。

I-3. 低山区,海拔<1000m,相对高差>200m,耕地、有林地、灌木林地是其主要土地利用类型。该亚层面积33.13万公顷,占层面积的4.77%,其中耕地、灌木林地、有林地分别占亚层面积的32%、16%和10%。

## II. 东部盆地丘陵农经区

位于调查区东部,四川盆地内I层的东、东北和东南部,地貌类型以中、深丘和低山为主,耕地面积所占比重低于I层,田地各半,粮食作物以水稻、小麦、红苕为主,经作生产发达。该层包含自贡、泸州、重庆、涪陵、达川、绵阳市的大部分地区。面积8.75万km<sup>2</sup>,占调查区总面积的15.44%。

II-1. 平坝区,海拔<1000m,相对高差<20m,耕地是其主要土地利用类型,其中水田略多于旱地。该亚层面积2.35万公顷,占层面积的0.27%,其中耕地占亚层面积的53%,耕地中水田占60%。

II-2. 丘陵区,海拔<1000m,相对高差<200m,耕地是其主要土地利用类型。该亚层面积619.88万公顷,占层面积的70.84%,其中耕地占亚层面积的44%,耕地中水田占40%左右。

II-3. 低山区,海拔<1000m,相对高差>200m,耕地、灌木林地和有林地是其主要土地利用类型,耕地中旱地多,水田少。该亚层面积250.86万公顷,占层面积的28.76%,其中耕地、灌木林地和有林地分别占亚层面积的25%、26%和25%。

II-4. 低中山区,海拔>1000m,相对高差>200m,耕地、林地是其主要土地利用类型,宜林荒山荒坡面积占一定比重。该亚层面积1.94万公顷,占层面积的0.22%,其中耕地、林地分别占面积的24%和55%。

## III. 盆周山地农林区

位于调查区东部,四川盆地内部周边地区,地貌类型以低中山为主,层内农业生产条件比II层差,耕地面积所占比重较低,其中以旱坡地为主。粮食作物以玉米、水稻、薯类和小麦为主,耕作较为粗放,林业用地和牧业用地所占比重比I层和II层有明显增加。该层包含雅安、万县、黔江、宜宾市的大部分地区和绵阳、达川、德阳、成都、泸州、重庆、凉山州等的小部分地区。面积10.73万km<sup>2</sup>,占调查区总面积的18.93%。

III-1. 平坝区,海拔<1000m,相对高差<20m,耕地是其主要土地利用类型。该亚层面积2.03万公顷,占层面积的0.19%,其中耕地占亚层面积的30%。

III-2. 丘陵区,海拔<1000m,相对高差<200m,耕地是其主要土地利用类型。该亚层面积3.77万公顷,占层面积的0.35%,其中耕地占亚层面积的40%。

III-3. 低山区,海拔<1000m,相对高差>200m,耕地、林地是其主要土地利用类型。该亚层面积16.54万公顷,占层面积的1.54%,其中耕地、林地分别占亚层面积的30%和50%。

III-4. 低中山区,海拔1000~2500m,相对高差>200m,有林地、灌木林地和耕地是其主要土地利用类型,宜林荒山荒坡面积大。该亚层面积971.61万公顷,占层面积的90.57%,其中有林地、灌木林地和耕地分别占亚层面积的26%、23%和20%。

III-5. 中高山区,海拔>2500m,相对高差>200m,灌木林、有林地和牧草地是其主要土地利用类型,耕地极少,无水田分布。该亚层面积78.79万公顷,占层面积的7.34%,其中灌木林地、有林地和牧草地分别占亚层面积的30%、25%和6%。

## IV. 西南山地林农牧区

位于调查区的西南部,地貌类型以中高山和中高山峡谷为主,地形复杂,气候与四川盆地及调查区内其它山地有明显不同,日照充分,热量资源丰富,干湿季分明。层内土地利用构成中以林业用地为主,耕地中水田占四分之一,平均复种指数较低,粮食作物以水稻、玉

米、小麦为主。该层包含攀枝花市全部和凉山州的绝大部分地区。面积 6.09 万 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 10.75%。

IV-1. 平坝区, 海拔 < 1000m, 相对高差 < 20 米, 耕地是其主要土地利用类型, 其中水田略多于旱地。该亚层面积 19.24 万公顷, 占层面积的 3.16%, 其中耕地占亚层面积的 32%。

IV-4. 低中山区, 海拔 1000~2500m, 相对高差 > 200m, 有林地、疏林地和耕地是其主要土地利用类型, 牧草地面积占一定比重, 耕地中以旱坡地为主。该亚层面积 287.86 万公顷, 占层面积的 47.28%, 其中有林地、疏林地和耕地分别占亚层面积的 32%、14% 和 9%。

IV-5. 中高山区, 海拔 2500~4000m, 相对高差 > 200m, 有林地、牧草地是其主要土地利用类型, 耕地少, 基本无水田分布。该亚层面积 296.75 万公顷, 占层面积的 48.75%, 其中有林地、牧草地分别占亚层面积的 45% 和 26%。

IV-6. 高山极高山区, 海拔 > 4000m, 相对高差 > 200m, 牧草地是其主要土地利用类型, 裸岩裸土面积大, 只有少部分有林地分布。该亚层面积 4.93 万公顷, 占层面积的 0.81%, 其中牧草地占亚层面积的 50%, 有林地只占 10%。

#### V. 西北高山峡谷林牧区

位于调查区的北部, 地处川西高原边缘与四川盆地的过渡地带, 地貌类型以中山峡谷和高山峡谷为主, 海拔多在 1500~4000m, 相对高差 1000m 左右。热量条件的垂直变化极为明显。层内耕地少, 林果业生产发达, 牧业基础较好。该层包含阿坝州的部分地区和甘孜州的小部分地区。面积 5.77 万 km<sup>2</sup>, 占调查区总面积的 10.18%。

V-4. 低中山区, 海拔 1000~2500m, 相对高差 > 200m, 林地和耕地是其主要土地利用类型。该亚层面积 1.02 万公顷, 占层面积的 0.18%, 其中林地和耕地分别占亚层面积的 50% 和 10%。

V-5. 中高山区, 海拔 2500~4000m, 相对高差 > 200m, 牧草地、有林地是其主要土地利用类型, 耕地少, 基本无水田分布。该亚层面积 407.92 万公顷, 占层面积的 70.74%, 其中牧草地和有林地分别占亚层面积的 42% 和 37%。

V-6. 高山极高山区, 海拔 > 4000m, 相对高差 > 200m, 牧草地是其主要土地利用类型, 裸岩裸土面积大, 基本无耕地分布。该亚层面积 167.73 万公顷, 占层面积的 29.08%, 其中牧草地占亚层面积的 45%。

#### VI. 西北高山峡谷林牧区

位于调查区的西部, 川西高原的南部, 地处横断山脉北段, 地貌类型以高山峡谷为主, 海拔一般在 3000m 以上, 相对高差 1000~3000m, 气候垂直变化极其明显, 耕地占土地总面积 1% 以下, 林业用地和牧业用地是其最主要的土地利用构成。该层包含甘孜州的小部分地区和凉山州的小部分地区。面积 6.44 万 km<sup>2</sup>, 占调查区总土地面积的 11.38%。

VI-4. 低中山区, 海拔 1000~2500m, 相对高差 > 200m, 林地和耕地是其主要土地利用类型。该亚层面积 1.09 万公顷, 占层面积的 0.17%, 其中林地和耕地分别占亚层面积的 50% 和 20%。

VI-5. 中高山区, 海拔 2500~4000m, 相对高差 > 200m, 有林地是其主要土地利用类型, 其次是牧草地和灌木林地, 耕地极少。该亚层面积 359.17 万公顷, 占层面积的 55.7%, 其中有林地和牧草地分别占亚层面积的 54% 和 18%。

VI-6 高山极高山区, 海拔 > 4000m, 相对高差 > 200m, 牧草地是其主要土地利用类型,

裸岩裸土地和有林地占一定比重,基本无耕地分布。该亚层面积 284.56 万公顷,占层面积的 44.13%,其中牧草地占亚层面积的 65%。

表 2 不同层、亚层的分层结果比较

Table 2 Comparison of every stratum and sub-stratum

层 Stratum			主导亚层 Sub-stratum			主要地类 Land use		
层号 No.	面积 Area ( $\times 10^4$ ha)	占调查区面积 Percentage in the total area	亚层号 No.	面积 Area ( $\times 10^4$ ha)	占层面积 Percentage in the stratum (%)	代号 Code	地类名称 Name	占亚层面积 Percentage in the sub- stratum
I	694.23	12.25	I-1	76.74	11.06	11	水田	60.54
						12	旱地	0.83
			I-2	584.36	84.17	11	水田	20.72
II	875.03	15.44				12	旱地	33.64
			I-2	619.88	70.84	11	水田	18.58
						12	旱地	25.08
III	1072.75	18.93	III-3	250.86	28.67	1	耕地	24.95
						3	林地	54.20
			III-4	971.61	90.57	1	耕地	26.17
IV	608.79	10.75				3	林地	50.33
			IV-4	287.86	47.28	1	耕地	9.90
						3	林地	51.76
V	576.66	10.18	IV-5	301.68	49.56	3	林地	64.65
						4	牧草地	26.29
			V-5	407.92	70.74	3	林地	50.99
VI	644.83	11.38				4	牧草地	47.71
			VI-5	359.17	55.70	3	林地	69.00
						4	牧草地	18.84
VII	1193.47	21.07	VI-6	284.56	44.13	3	林地	12.77
						4	牧草地	65.88
			VII-6	740.12	62.01	4	牧草地	76.37
					84	裸土裸岩地	11.94	
			VII-7	282.67	23.69	4	牧草地	89.93
						82	沼泽地	8.00

#### VII. 西北高原牧林区

位于调查区的西北部,属青高原的东部,海拔多在 3000m 以上,是调查区内平均海拔最高的区域,地貌类型以高原高山为主,相对高差比中山同山峡谷和高山峡谷小。层内牧业用地面积占土地总面积的 60% 以上,其次是林业用地,耕地很少,无水田分布。该层包含甘孜州的大部分地区和阿坝州的部分地区。面积 11.93 万  $\text{km}^2$ , 占调查区总土地面积的 21.07%。

VII-5. 中高山区,海拔 2500~4000m,相对高差 >200m,有林地,牧草地是其主要土地利用类型,耕地面积小。该亚层面积 170.69 万公顷,占层面积的 14.30%,其中有林地和牧草地分别占亚层面积的 42% 和 43%。

VII-6. 高山极高山区,海拔 >4000m,相对高差 >200m,牧草地是其主要土地利用类型,其次是裸岩裸土地,林地面积较小,无耕地分布。该亚层面积 740.12 万公顷,占层面积的 62.01%,其中牧草地占亚层面积的 75% 以上。

Ⅶ-7 高原高山原区, 海拔 $>3000\text{m}$ , 相对差 $<200\text{m}$ , 牧草地是其主要土地利用类型, 裸岩裸土地明显少于高山极高山区, 林地面积小, 有少量耕地集中分布在高原盆地和河谷地带。该亚层面积 282.67 万顷, 占层面积的 23.69%, 其中牧草地占亚层面积的 90% 左右。

分层结果和样方调查结果(表 2)表明, 不同的层所包含的主导亚层是不相同的, 层与层之间土地利用状况的区域分布差异明显, 土地利用方式的主导方向各不相同, 同一层内的不同亚层, 其地类构成(如耕地、林地、牧草地等各种地类的组合方式)和相同地类所占比重的差异亦十分明显, 亚层之间的土地利用构成亦是有明显差别的。

## 5. 结语

本次土地利用类型区的分层, 较好地反映出了层间的土地利用状况总体区域分布规律和亚层间的土地利用构成地域分异规律。经抽样和调查验证, 该分层系统和分层方法实用, 可操作性强, 能满足建立卫星遥感抽样技术体系的基本要求, 抽样调查结果数理统计分析和精度估计显示, 分层结果能满足 1:10 万农用土地利用现状宏观监测的精度要求。

## 参 考 文 献

- 1 周华茂等. 对耕地资源遥感调查与监测方法中几项技术的探讨. 西南农业学报, 1996, 9 (2): 53~56
- 2 曾良修等. 四川成渝地区耕地变化遥感调查初报. 西南农业学报, 1994, 7 (4): 49~53
- 3 周华茂等. 四川省农用土地资源卫星遥感宏观监测技术方法研究. 自然资源学报, 1998, 13 (1): 73~76
- 4 周华茂. 水稻播面遥感抽样技术探讨. 西南农业学报, 1996, 9 (3): 100~105
- 5 刘淑珍等. 四川省县级农业地貌区划及耕地分布规律研究. 四川: 成都地图出版社, 1990
- 6 甘书龙. 四川省农业资源与区划(上、下册). 成都: 四川省社会科学院出版社, 1986
- 7 四川省国土局, 中科院成都山地所, 四川省国土资源地图集. 四川: 成都地图出版社, 1990

# Application of Sampling and Stratified Monitoring Techniques in Agricultural Resources Investigation Using Satellite Remotely-Sensed Data

Zhou Huamao Yu Genong Zeng Liangxiu

Liu Dingchang Zhang Chu

(Institute of Remote Sensing Application, SAAS, Chengdu 610066 China)

## Abstract

Stratification is one of the key techniques in stratified sampling investigation and monitoring using remotely-sensed data. This paper discussed the results of the research project in Sichuan Province, in which the principles and basis for the stratification of land use were defined and the features and quantitative signatures of each stratum and sub-stratum were identified by means of a comprehensive analysis of the main factors affecting the distribution of land use with a combined concern on the needs of remote sensing application. A stratification system of 7 strata, representing the production conditions in agriculture, and 25 sub-strata, representing the differentiation of micro-landforms, was defined to satisfy the requirements of agricultural land survey in the scale of 1:100 000.

**Key words** Stratification Land use type Satellite remote sensing Sampling

(责任编辑 杨 群)