

粮食种植面积提取方法的发展与现状

康晓风, 王乃斌, 杨小唤

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要:粮食估产是我国长期以来进行的一项重要课题。近年来随着计算机技术和 GPS 技术的迅速发展, 在种植面积提取方法上有了较大的进展。该文结合 RS、GIS、GPS 一体化体系, 对农情采样系统的理论依据与工作方法进行了深入研究, 在总结以往采样工作的基础上, 提出了对统计资料进行一致性检验, 分区建立采样线的方法。同时提出了用 GIS 归纳方法建立样线 BUFFER 区模型, 从理论方面对采样方法进行讨论, 从而完善了整个系统的理论基础。

关键词:农作物估产; 播种面积; 采样线; BUFFER; GVG

中图分类号: S127; S126(261) **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7588(2002)05-0008-05

PROGRESS OF INFORMATION EXTRACTION METHODS FOR CROP PLANTING AREA

KANG Xiao-feng, WANG Nai-bin, YANG Xiao-huan

(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: During the past years, crop yield estimation has gained increasing concerns within scientific literature of China and quite a few of them are devoted to methods for crop area estimation, which deeply concerns with the crop yield. Apparently, the fast development of computer technology and GPS has contributed a lot to the estimation methods. After reviewing the several systems for yield estimation, a new method for information extraction is proposed. The two important aspects of this new method are taking coherence test on statistical data and defining different sampling lines according to different regions. Furthermore, we propose the sample line buffer model, a new method that is supposed to enrich the theoretical bases of crop yield estimation system.

Key words: Crop yield estimation; Crop area; Sample line; Buffer; GVG

1 引言

粮食产量数据目前我国仍然采用抽样调查方式获得, 通过全国 800 余个样点县的农业调查队进行抽样调查统计, 地面工作量大而且周期较长。我国各级统计部门从 1981 年开始, 采用等距抽样方法, 在全国范围内, 进行 5 段抽样。通过按一定比例抽选, 把抽样误差控制在 2% 以内。当时全国抽样数目大致为 472 个县, 3 300 个乡(镇), 9 900 个生产队, 8×10^4 多个地块, 80×10^4 个小面积样本。被抽中的县、乡(镇)、生产队, 在一定时期内固定, 进行连续观察; 地块和

样本则按各季节的作物长势, 在调查前临时抽选。采取上述抽样方法, 可以用较少的样本, 取得较高的准确性。同时, 可以及时算出全国的和分省、市、自治区的粮食总产量, 也可以算出所有抽中的县、乡(镇)和生产队的粮食总产量。

抽样方法的具体做法是: 在作物收割前, 由抽样工作组领导的估产小组逐块估产, 对抽中地块的产量进行预测, 提供预测产量。在作物收获季节, 由抽样工作组组织有关人员采取等距抽样方法抽取地块, 再从被抽选的地块内抽取小面积样本, 对产量进行实际测定, 直接取得第一手产

量数据。

2 粮食种植面积遥感模式分析提取

70 年代以后,卫星遥感技术开始在农作物估产中应用,以美国航空与宇宙航行局、国家海洋大气局和农业部联合开展的“大面积作物调查试验”计划(LACIE)为代表,将估产技术提高到一个新的阶段,并从试验阶段走向业务运行阶段。由于遥感资料的快速动态特性,“使用遥感资料测量土地利用的面积得到深入发展,高分辨率卫星数据允许精确测量地块边界并识别各个地块中的作物种类,这些技术成为作物种植面积快速预报、地块投入监测和作物种植方式的长期变化监测的基础”。

我国农业遥感工作在 80 年代得到了快速发展。原全国农业区划委员会组织 46 个单位的近 300 名工程技术人员,综合运用各类遥感信息,在 3a 内完成了全国的土地资源概查,把全国的土地利用现状划分为 15 类,并量算出其面积。80 年代中后期,结合全国土地资源详查,在野外调查、地类划分、编绘土地利用现状图等作业流程中,开始全面应用遥感技术。在此基础上,我国在京津冀开展冬小麦遥感估产研究,面积提取主要靠 MSS 卫片和航空像片目视解译^[1]。从 1984 年开始,国家气象局开始利用 NOAA 气象卫星的 AVHRR 数据在我国北方 11 个省市来估算冬小麦的面积和产量,并成为掌握我国小麦产量、进行每年夏粮会商的重要依据之一。在此期间,肖乾广(1989)探讨用 AVHRR 归一化植被指数 NDVI 和 AVHRR 第 2 通道反射率来计算冬小麦种植面积^[2]。

国家“七五”科技攻关项目中,对“应用气象卫星、陆地卫星资料综合分析技术,对冬小麦、水稻和大豆、棉花进行遥感估产”进行了深入研究。在冬小麦、水稻面积提取过程中,应用 $1:10 \times 10^4$ 或者 $1:20 \times 10^4$ TM 图像进行成数抽样,通过目视判读选中样方并统计麦地比例,进而求算区域麦地面积(张宏名等,1991)。北大遥感所的徐希孺教授和李琦教授利用 NOAA 数据估算河南省冬

小麦种植面积,应用因子分析法进行像元分解,并且给出了完善的理论推导公式,把面积提取方法拓宽了思路^[3]。

在“八五”期间,国家急需了解农业种植结构变化和种植,组织有关单位在我国重点产粮区对主要农作物遥感估产技术进行了攻关。在重点进行的小麦估产中,王乃斌等应用 TM 图像作为样本对 NOAA 数据进行整群抽样,利用 TM 影像的高空间分辨率和 NOAA 图像的高时间分辨率,在提取过程中分别采用绿度识别模式和抽样方法得到小麦种植面积^[4]。

2.1 应用绿度模式识别提取小麦面积

绿度识别模式的基础是对各类地物光谱特征的深入研究,将地学规律引入遥感数据分析,从遥感图像的原始多光谱亮度值经过空间旋转或波段间线性、非线性数学运算,得到新的、更加突出反映地物特征的信息。将光谱数值经过特定运算构造多维绿度空间,各类地物有不同层次的空间分布,选择合适的绿度模式(判别函数),用平面切割多维绿度空间,以不同的阈值分层,就可以精确提取各类地物。

应用图像分割技术,按照同类地物在绿度图像上的相似性和不同地物间的非连续性特征,可以用不同的阈值来确定地面类群的边界,在小麦面积提取中,找出麦地与非麦地之间的阈值,依据判别式 $f(i, j) \geq G_{\text{麦}}$ 就可以提取出小麦地像元。阈值确定的方法如下:

利用差值植被指数(DVI)为判别函数,可得到以下方程:

$$\begin{aligned} G_1 &= IR_1 - R_1 + b_1 (\text{麦地}) \\ G_2 &= IR_2 - R_2 + b_2 (\text{非麦地}) \end{aligned} \quad (1)$$

土壤带的上限是与小麦的交界,将以上两式改写为标准方程:

$$\begin{aligned} g_1(x) &= a_{11}x_{11} - a_{12}x_{12} + c_1b_1 \\ g_2(x) &= a_{21}x_{21} - a_{22}x_{22} + c_2b_2 \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $x_{11} \neq x_{12} \neq x_{21} \neq x_{22}$, 设 $b_1 = b_2 > 0$, a_{11} 、 a_{12} 、 a_{21} 、 a_{22} 、 c_1 、 c_2 均为待定系数,用多次双向迭代,经过多次双向逼近,使 $g_1(x) \approx g_2(x) = G$, 阈值 G 就是麦地与非麦地的区别,绿度值大于

G 的像元都归属于麦地。

由于小麦长势有地区差异,计算阈值可以采取分县求取的方法,区分出麦地以后,依据以下公式计算小麦面积:

$$S = (W/N) \cdot D \quad (3)$$

式中: S 为各县小麦种植面积; W 为各县麦地的像元数; N 为各县区域内像元总数; D 为各县土地总面积。

2.2 利用 TM 与 NOAA 数据获取小麦种植面积^[5]

由于 TM 的晴空接收频率较低,主要以 TM 图像作为整群抽样的样方与 NOAA 数据相匹配,用外推方法测算小麦播种面积,具体方法是:

①将辐射校正和几何校正后的 NOAA 图像处理成绿度图,并进行等距离分割或根据地面样点资料进行不等距分割,构成绿度等级图像; ②将 NOAA 绿度等级图像进行空间数理统计,根据统计结果及各级连片的 NOAA 像元的数目确定采样模块的大小,或者直接用⑥确定模块; ③将 NOAA 图像(绿度图)与 TM 图像通过城市、河流及大村庄等地物配准,以②所确定的采样模块面积,选取相应的 TM 图像面积作为象元采样的群体(可含数万个 TM 象元); ④提取 TM 采样群体的小麦播种面积,并计算其相对数值,与 NOAA 绿度图相对应; ⑤将 NOAA 绿度分割图像与土地利用结构图相结合,根据 TM 图像整群抽样的小麦播种面积与总面积比例,估算各个绿度等级在不同土地利用结构区内的小麦播种面积,从而推算全区小麦面积; ⑥实际工作中,NOAA 绿度分割区间的大小与选取的模块的巨细对测算精度有直接影响,分割区间越小精度越高,但是绿度图在小区间分割下变得破碎,使选择的模块不能足够大,极端情况是模块小到一个 NOAA 像元,无法进行定位。在方案执行中,根据地面实况和 NOAA 及 TM 资料具体情况,采用了整群抽样方法建立 TM 与 NOAA 数据联系,在优化模式基础上确定模块大小。设像元个数为 a ,配准精度为 m ,则模块总体配准精度为 $(a-m)^2/a^2$,当 a 足够大时, $(a-m)^2/a^2 \rightarrow 1$ 。

完成面积提取之后,将绿度图转换为绿度专

题图并加边界,在 GIS 中与土地利用图复合,可以获取小麦面积的空间分布。

3 基于农情采样系统及信息融合技术的种植面积提取及其比例分析应用

近年来 GIS 技术和 GPS 技术得到迅速发展,建立 GIS 基本数据库,通过遥感和 GPS 技术快速更新数据,建立农情采样系统,并与地面采样数据统计学方法相结合,不仅可以进行数据快速更新,更可以将地面分辨率达到米级水平。

农情采样系统建立在国家本底资源数据库基础上。数据库建立过程如下:采用 CORE-DRAW 软件对 TM 影像进行判读,结果导出为 ARC/INFO 能够识别的 DXF 文件。所有图件均转为全国统一的等积割圆锥投影坐标系统,最终利用 ARCEDIT 模块进行图形的编辑和赋属性编码工作,完成相邻图形的接边,统一判读图形与地理底图的图廓边界,分别建立拓扑关系,叠加生成资源环境的矢量图形。总共完成全国范围内土地 6 大类 24 小类的判定工作,其中耕地定性判读精度大于 98%,地块边界误差小于一个像元(30m)。

3.1 系统设计与技术特点

GPS 技术目前可以对运动目标进行实时跟踪,即在目标行进过程中,同时记录时间和目标所在经纬度,通过数据线连接到计算机,可以利用软件将时间、经纬度组成的坐标对按照一定文件格式存储下来。在野外采样过程中,在车载 GPS 进行工作的同时,用摄像机按照一定拍摄角度对路旁景物进行采样,取得路旁一定距离内的图像。由于摄像机采集下来的图像都有时间记录,因此通过时间与 GPS 得到的数据文件配准,就可以获得摄像机所采集的图像所在经纬度。在实际工作中,依据采样图像,我们发现车速保持在 $50\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$,图像采集间隔为 3s,则可以近似得到道路一侧一定距离内的 BUFFER 区内的地面图像。这样,通过肉眼就可以分辨出道路 BUFFER 区内农作物的种植比例。通过用图像反演得到的 BUFFER 区农作物种植比例与整个

区域种植比例相互关系,可以计算出整个区域内的农作物种植比例,结合已经完成的本底数据库,再分别计算出各类作物的种植面积。GVG (GIS VIDEO GPS)系统在预先设定的采样线上进行工作,采集样线一侧 BUFFER 区内的农作物种植信息,以录象方式记录下来。同时,系统记录 GPS 天线采集的采集点的经纬度信息,以便将采集得到的图像定位到 GIS 底图。图像完成定位以后系统给每条采样线建立一个关系型数据库,并将数据库内记录的采样线上的图像重新命名之后拷贝到相应的子目录下。最后,在农情采样子系统打开各条采样线的数据库进行估算,得到的最后结果(种植成数)另外保存到名为 reuslt.mdb 的文件。

其主要技术特点可归纳如下: ①利用车载 GPS 对运动目标进行实时跟踪,同时记录时间和目标所在经纬度,输入计算机存储为数据文件; ②在野外采样过程中,用摄像机按照一定角度对路旁景物进行拍摄采集,取得路旁一定距离内的图像并加上时间记录; ③通过时间与 GPS 得到的数据文件配准,标志摄像机所采集的图像的经纬度; ④控制车速和采样间隔,近似得到道路一侧一定距离内的 BUFFER 区内的地面图像; ⑤通过 GIS 模型得到 BUFFER 区农作物种植比例与整个区域种植比例相互关系,计算出整个区域内的农作物种植比例; ⑥结合已经完成的本底数据库,再分别计算出各类作物的种植面积。

3.2 信息融合及分析应用

通过 GVG 系统得到采样线的种植成数,结合在 GIS 数据库提取出分县的水、旱田面积,就可以计算出各种农作物的分县种植面积。作者选取河南省的 13 个县为例,根据 GVG 系统计算结果(表 1)和当地前 5a 的统计资料(表 2),计算其小麦种植面积与本县耕地总面积之比,并进行精度分析。

表 1 中,“毛面积”指通过 TM 影像直接判断得到的面积数据,“净面积”则是通过航空遥感方式采样,扣除耕地地块中的道路、树木等细小地物之后得到耕地系数,乘以“毛面积”所计算出的

净耕地面积。提取面积时,一般采用净耕地面积。

表 1 GVG 系统提取冬小麦面积结果

Table 1 Winter wheat planting area reckoned through GVG (×10 ⁴ hm ²)					
县名	冬小麦成数 (%)	旱地净面积	旱地毛面积	冬小麦净面积	冬小麦毛面积
杞县	89.77	8.62	10.63	7.74	9.55
太康	84.96	12.25	14.99	10.41	12.73
淮阳	76.12	9.40	11.40	7.15	8.68
周口	91.93	0.67	0.81	0.61	0.75
商水	85.96	8.06	10.68	6.93	9.18
鄆城	84.15	6.37	8.06	5.36	6.79
舞阳	69.33	4.63	6.03	3.21	4.18
叶县	72.13	8.17	10.29	5.90	7.42
鲁山	79.75	7.85	10.49	6.26	8.36
宝丰	71.9	4.86	5.95	3.49	4.28
汝州	89.79	9.41	11.88	8.45	10.67
伊川	88.46	5.75	7.13	5.09	6.30
宜阳	80.18	9.38	11.71	7.52	9.39

表 2 小麦/旱地面积及小麦比例

Table 2 Winter wheat planting area/arid land area and proportion of winter wheat planting area (×10 ⁴ hm ²)						
	1994	1995	1996	1997	1998	冬小麦成数(%)
杞县	7.01/8.40	6.98/8.31	6.99/8.31	6.91/8.30	6.55/8.31	82.69
太康	9.54/11.40	9.44/11.43	9.33/11.43	9.52/11.42	9.52/11.43	82.83
淮阳	7.56/9.80	7.57/9.73	7.14/9.72	7.34/9.66	7.34/9.65	76.13
周口	0.50/0.70	0.49/0.68	0.48/0.68	0.48/0.68	0.48/0.67	71.48
商水	7.46/9.00	6.78/8.95	7.63/8.98	7.68/8.98	7.68/8.98	82.29
鄆城	5.08/6.60	5.17/6.59	5.16/6.58	5.41/6.56	5.41/6.55	79.10
舞阳	3.58/5.00	3.64/4.91	3.61/4.90	3.74/4.86	3.74/4.85	74.08
叶县	4.95/6.70	4.97/6.65	4.98/6.64	5.01/6.63	5.05/6.62	75.10
鲁山	2.54/3.50	2.58/3.54	2.58/3.50	2.55/3.51	2.55/3.51	72.91
宝丰	2.30/3.20	2.28/3.22	2.30/3.21	2.35/3.21	2.35/3.32	71.26
汝州	3.93/6.30	3.94/6.27	3.93/6.28	4.00/6.27	4.00/6.26	62.95
伊川	2.83/5.50	2.82/5.45	2.87/5.43	2.89/5.42	2.93/5.39	52.69
宜阳	3.45/5.90	3.37/5.85	3.38/5.83	3.58/5.83	3.58/5.82	58.87

通过以上两表的结果可以看出:GVG 采样结果与统计结果差异较大的有周口(20.45%)、

汝州(26.84%)、伊川(35.7%)、宜阳(21.3%),其它县市差异都在 10%以内,扣除显著差异 4 个县以后,差异的均值为 1.94%。重新对 4 个县进行分析之后,作者估计其显著差异的原因主要有以下两个方面: ①采样线选择根据比较大的面积区划进行一致性检验,在个别县会有较大差别,在某些县(周口)采样距离过短,没有经过一致性检验; ②有水田地区(伊川)、山区(汝州、宜阳)耕作制度与平原旱作地区有差异,水田多季种植和山区地带性种植使采样容易出现误差。

在平原旱作农业区 GVG 系统就可以得到较高的面积提取精度,由于这是冬小麦主产区,说明通过样线 BUFFER 区进行面积提取的方法切实可行,在水田和耕作制度较复杂的地区仍需要通过其它方法进行补充。

在整个工作中,BUFFER 区农作物种植比例对整个区域种植比例的代表性是研究的核心问题,比例的确定直接影响整体种植面积的准确估算。当前工作中采用的是通过统计数据的一致性检验来选取采样线。作者在实际工作中已经对此进行了验证。在进一步工作中,则可以考虑给定作物种类、地块大小和主要分布方式,在 GIS 中建立模型,随机选取采样线,通过采样线长短来控制该地区精度,则可以减少采样工作中因修路等原因造成的采样线缺失。

通过对实际工作的总结,作者认为利用 GVG 系统进行面积提取是一个行之有效的手段,GIS 数据库支持下的摄像采样使分类判别精度比单纯遥感判读或计算机自动识别提高到一个新的水平。但是其精度受以下几个方面影响:

①选定路线 BUFFER 种植成数可得性和代表性问题,从遥感图像上不容易鉴别出采样线两侧是否有遮挡,否则会造成样线缩短和不连贯;
②GVG 系统本身不能直接得到面积数据,农作物种植面积依赖 GIS 本底数据库资料,需要 GIS 数据库及时更新; ③在耕作制度较复杂的地区,如稻麦两季、油菜—水稻两季种植方式下其采样方法仍有待讨论完善; ④在城镇等对土地利用影响较大的地区附近,往往受建筑物遮挡,

不能正常拍摄,容易给计算工作造成误差。

参考文献 (References):

- [1] 王乃斌. 中国小麦遥感动态监测与估产[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996. WANG Nai-bin. Series Monitoring and Yield Estimation by Remote Data of Wheat in China[M]. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1996.
- [2] 肖乾广. 用 NOAA 气象卫星的定量资料计算冬小麦种植面积的两种方法[J]. 环境遥感, 1989, (4). XIAO Qian-guang. Two ways of winter wheat planting area estimate by quantitative NOAA data[J]. Remote Sensing of Environment, 1989, (4).
- [3] 徐希孺. 混合像元的因子分析法及其在大规模冬小麦种植面积估算中的应用[J]. 科学通报, 1990, (35). XU Xi-ru. Factor analytical method of mixed pixels and its use in large area winter wheat planting area estimate[J]. Chinese Science Bulletin, 1990, (35).
- [4] 王乃斌, 覃平, 周迎春. 应用 TM 图像采用模式识别自动提取冬小麦播种面积的研究[J]. 遥感技术与应用, 1993, (8). WANG Nai-bin, TAN Ping, ZHOU Ying-chun. The research of winter wheat planting area auto-estimate by mode distinguish of TM data[J]. Remote Sensing Technology and Application, 1993, (8).
- [5] 杨小唤. 冬小麦遥感估产的灰色理论方法探讨[J]. 遥感技术与应用, 1991, (6). YANG Xiao-huan. The gray theory of winter wheat yield estimate by remote data[J]. Remote Sensing Technology and Application, 1991, (6).
- [6] 方红亮. 两种水稻种植面积遥感提取方案的分析[J]. 地理学报, 1998, (1). FANG Hong-liang. Analysis of two methods of rice planting area estimate by remote data[J]. Acta Geographica Sinica, 1998, (1).
- [7] 周红妹. 地理信息系统在 NOAA 卫星遥感动态监测中的应用[J]. 应用气象学报, 1999, (3). ZHOU Hong-mei. The use of GIS in series monitoring by NOAA data[J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 1999, (3).
- [8] 陆登槐. 农业遥感的应用效益及在我国的发展战略[J]. 农业工程学报, 1998, (3). LU Deng-huai. The benefit of remote sensing use in agriculture and its developing stratagem in China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1998, (3).
- [9] 李树楷. 初论三“S”一体化技术[J]. 环境遥感, 1995, (10). LI Shu-kai. introduction of the Integrative technology of 3S [J]. Remote Sensing of Environment, 1995, (10).
- [10] 吴炳方. 全国农情监测与估产的运行化遥感方法[J]. 地理学报, 2000, (1). WU Bing-fang. Remote sensing function of agro-monitoring and yield estimation in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2000, (1).