

作物种植面积遥感提取方法的研究进展 *

许文波, 田亦陈

(中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

摘要: 农作物种植面积监测是遥感估产的关键技术之一。回顾和总结了国内外利用遥感数据进行农作物种植面积提取的方法, 重点分析了遥感影像分析方法的进展以及大面积作物种植面积提取两个方面, 对农作物种植面积遥感提取的发展方向作了简要评述。

关键词: 种植面积; 遥感监测; 分类

中图分类号: S 29 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004 - 390X(2005)01 - 0094 - 05

Overview of Extraction of Crop Area from Remote Sensing

XU Wen-bo, TIAN Yi-chen

(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: The detection and estimation of crop planting area is one of the key technologies of the remote sensing application in agriculture field. In this paper, a summary of the advanced approaches of crop proportion monitoring in recent years is presented. The overview emphasized the evolvement of analysis means of remote sensing data and compared methods of image classification that is applied to estimate crop area. Finally, the develop tendency of the extraction of large area's crop proportion in the near future was forecasted.

Key words: crop area; remote sensing detection; classification

历来农作物种植面积的数据来源有两个途径。一是来自农业部每年出版的《中国农业统计资料》。另一个来源是国家统计局从 2001 年开始出版的《中国农村统计年鉴》。20 世纪 60 年代空间遥感技术的发展, 为农作物种植面积的提取, 提供了新的科学技术手段^[1]。

1974 年美国最先开展了“大面积作物估产试验”(LACIE 计划), 应用 Landsat MSS 影像对作物进行识别, 估算作物的面积、单产和总产。到 1978 年, 估产的范围从美国扩大到全球, 估产的对象从小麦扩展到小麦、玉米、大豆、水稻等农作物, 估产的精度也不断提高, 对冬小麦估产的精度可达到 90%。1980 年美国又制定了“农业和资源的空

感调查计划”(AGRISTARS), 进行美国、世界多种粮食作物的长势评估和总产量预报^[2,3]。此后欧盟于 1987 年提出了 MARS 计划, 该项目研究的目的是利用遥感技术开发出欧盟内部农业统计体系的新方法, 并成为能够实际应用的运行系统^[3]。我国早在 1979 年陈述彭先生就开始倡导遥感估产^[4], 经过多年的发展, 已由当初的试验示范发展到现在的全国粮食估产研究, 并探索出一些成功的技术方法, 如采用分层面积遥感采样框架估算农作物的种植面积^[5]。

1 农作物种植面积遥感监测方法

农作物种植面积的遥感提取是在收集分析不

收稿日期: 2004 - 11 - 19

*基金项目: 中国科学院“九五”重大项目(KZ951 - A1 - 302 - 02)

作者简介: 许文波(1973 -), 男, 在读博士研究生, 主要从事农业与生态环境遥感技术研究。

同农作物光谱特征的基础上,通过遥感影像记录的地表信息,识别农作物的类型,统计农作物的种植面积。农作物的识别主要是利用绿色植物独特的波谱反射特征,将植被(农作物)与其它地物区分开^[6]。而不同农作物类型的识别,主要依据两点:一是农作物在近红外波段的反射主要受叶子内部构造的控制,不同类型农作物的叶子内部构造有一定的差别^[7];二是不同区域、不同类型作物间物候历的差异,可利用遥感影像信息的时相变化规律进行不同农作物类型的识别^[2]。因此遥感影像分析方法的发展推动农作物种植面积的遥感提取方法的研究。而“同物异谱”和“异物同谱”以及“混合像元”现象制约着遥感影像分析方法的发展^[8]。遥感影像分析方法的选取将直接影响农作物种植面积提取的精度。

1.1 目视解译

目视解译是指专业人员通过直接观察或借助辅助判读仪器在遥感图像上获取特定目标地物信息的过程。目视解译的方法主要应用于遥感估产的早期,计算机自动处理程度不高的情况下。如 1983~1987 年间,我国在京津冀开展冬小麦遥感估产研究中,主要依赖 MSS 影像和航空像片的目视解译^[2]。

目视解译遥感影像的分类精度高,但对图像解译人员要求很高,而且费工费时不能满足信息时效性的需要。近年来多利用计算机自动分类与目视解译相结合的方法进行信息提取,白锐峥在山西省冬小麦监测与估产中,提取冬小麦的播种面积及变化情况^[9]。黄晓军等调查江苏省部分地区小麦种植面积^[10]。吴炳方在“中国农情遥感监测系统”中,提取农作物(不分类别)总的种植面积。这种方法在保证精度的情况下,大大提高了工作效率^[11]。

1.2 结合地面样点的监督分类方法

以最大似然法为代表的监督分类,是计算机自动提取农作物种植面积的起源。美国的 LACIE 计划,使用 Landsat MSS 数据,部分结合航空像片,在地面样方小麦种植情况和位置已知的前提下,采用分层监督分类的方法,提取小麦的种植面积,达到 90% 以上的提取精度^[2]。1995 年欧盟 15 个国家利用 180 景 SPOT/HRV 影像,结合 60 个地面样点的数据,进行作物估产,精确到地块和作物种类^[12]。BABAN 等在获取到与图像成像时间相隔不久的地面样点数据的情况下,利用监督分类方法可达到

87% 的整体分类精度^[13]。

1.3 多时相分析方法

多时相分析方法在 20 世纪 80 年代发展起来并获得广泛应用的遥感分析方法之一, BADHWAR 利用多时相 Landsat MSS/ TM 影像就可获取玉米、大豆、小麦等作物的面积,而且将该方法从美国推广到阿根廷^[14]。TURNER 等在非洲半干旱地区利用多时相 SPOT-XS 影像进行了水稻的识别和制图,取得了 70% 左右的精度^[15]。MURAKAMI 等利用日本 SAGA 平原的 9 景 SPOT/HRV 影像提取的 NDVI 时间系列的变化特征,提取出 1 年内 6 种作物种植模式(水稻,水稻—冬季谷物,大豆,大豆—冬季谷物,莲藕,灯心草),在此基础上结合作物的物候历,选取合适时相的遥感影像就可精确地提取不同作物的种植面积^[16]。

但受气候的影响,多时相的重访周期长的多光谱遥感影像很难获取,近年来多时相分析方法主要应用于雷达遥感和高时间分辨率的多光谱遥感影像。KERDILES 等在阿根廷大草原 Pampa 南部的一个试验区域,利用 AVHRR-NDVI 时间系列数据进行作物面积的估算^[17]。TSO 等研究了多时相的 ERS-1 SAR 影像在农作物遥感提取中的潜力,达到的精度在 70% 左右,并认为结合多光谱遥感影像才能进一步提高分类的精度^[18]。CHAKRABORTY 等还开发了利用多时相 RADAR SAT ScanSAR 数据进行水稻面积估计的运行化系统,来满足作物种植面积提取的精度和时效性^[19]。JAKUBAUSKAS 等利用 NOAA/AVHRR-NDVI 时间序列数据的谐波函数分析结果,识别出不同类型的农作物(玉米、大豆、苜蓿),但分类的精度仍然受到 NOAA/AVHRR 影像分辨率低的影响^[20]。

1.4 多源数据结合的方法

多源数据的结合包含两方面的含义,一是多源遥感影像的结合;二是非遥感数据源与遥感影像的结合。

随着遥感对地观测技术的发展,多种不同传感器获取的可见光、红外、微波及其他电磁波的影像数据与日倍增,这些数据在空间、时间、光谱、方向和极化等方面对于同一区域构成多源数据。在遥感领域中,单一传感器影像数据通常不能提取足够的信息来满足应用的需要,而多传感器遥感影像的结合可以得到更多的信息,减少理解的模糊性。如低分辨率 NOAA/AVHRR 影像与高分辨率遥感影

像与 Landsat TM 结合,与农业统计数据相比,在水稻种植面积的提取上获得了 91.6% 的精度^[21];如多光谱遥感影像与雷达遥感影像相结合,作物种植面积提取的精度有了明显的提高^[22~24];BOUMAN 等在荷兰进行作物分类的试验中,利用 ERS-1, JERS-1 SAR 影像的结合提高了所有作物类型的分类识别能力^[25]。

在 GIS(地理信息系统)和 GPS(全球定位系统)的支持下,引入非遥感影像数据源,进行农作物种植面积的提取,可大大提高提取精度^[26~27]。JANSSEN 等在荷兰的一个农业区进行了试验。依靠光谱类别识别,引入历史的作物统计数据、作物轮作数据,分类的准确性与最大似然分类法相比提高了 6~20 个百分点^[28]。

KIDD 等在欧洲提取谷物的面积时,在基于 SAR 和光谱影像合成使用图像的基础上,还利用土壤和拓扑信息在分类前进行图像的分层处理,取得了更好的提取结果^[29]。

1.5 其它遥感影像分类方法

(1) 神经网络方法

神经网络,是以模拟人脑神经系统的结构和功能为基础而建立的一种数据分析处理系统。在进行知识获取时,由使用者提供样本和相应的解,通过特定的学习算法对样本进行训练,通过网络内部自适应算法不断修改权值分布以达到要求在输入模式接近于样本的输入模式时,获取与样本解接近的输出^[30]。阎静 1999 年利用神经网络分类方法进行湖北省水稻种植面积提取,精度高于最大似然法和混合像元线性分解法^[31,32]。

(2) 模糊数学方法

模糊数学方法是一种针对不确定性事物的分析方法。它以模糊集合论作为基础,有别于普遍集合论中事物归属的绝对化。在分析事物的隶属关系,即分类时,一般须以某数学模型计算它对于所有集合的隶属度,然后根据隶属度的大小,确定归属。李郁竹等将模糊监督分类——迭代法用于 NOAA/AVHRR 数据的局地水稻种植面积估算,取得较高的精度^[33]。尤淑撑等使用 RADARSAT SAR 影像提取水稻种植面积的试验中,模糊分类方法的结果比最大似然法的分类结果精度高出 3~4 个百分点^[34]。

(3) 专家系统方法

近年来,以专家知识和经验为基础的光谱信息

和其它辅助信息综合的影像理解技术——基于知识的专家系统,已成为遥感应用研究领域的一个重点。专家系统是人工智能的一个分支,将某一领域的专家分析方法或经验,对对象的多种属性进行分析、判断,确定事物的归属。其核心内容是知识库和推理机,知识库中存储着多种与影像解译有关的知识和经验。待处理的对象,按某种形式将其所有属性组合在一起,作为一个事实,然后由一条条事实,形成事实库。每一个事实与知识库中的每一知识按一定的推理方式进行匹配,当一个事物的属性满足知识中的条件项,或大部分满足时,则按知识中的置信度确定归属。该方法取得的分类精度与最大似然分类法相比提高了 6~20 个百分点^[35]。

(4) 基于混合像元分解的分类

遥感图像像元记录的是探测单元的瞬时视角所对应的地面范围内的目标的辐射能量的总和。如果单个像元对应的地面范围内的目标仅包含同一类性质,则称为纯像元;如果包含了多类不同性质的目标,则称为混合像元。混合像元是客观存在的,如果用传统的统计模式识别方法,误分类的比例很高。LENNIGTON 等首先利用陆地卫星数据的混合像元分解进行了作物种植面积提取的实验^[35],徐希孺等利用混合像元的因子分析方法用 NOAA/AVHRR 数据进行了河南省冬小麦播种面积的估算,提取的结果与 TM 影像的提取结果趋势一致,具有较好的相关性^[36]。N A QUARMBY 等 1992 年采用混合像元线性分解方法用 NOAA/AVHRR 数据进行了农作物种植面积的估算,达到了 89% 的精度^[37]。

(5) 生态分类法

生态分类法,又称分层分区图像分类法,是在传统的目视解译方法和遥感图像计算机自动分类的基础上,根据分类区域的自然环境和社会经济条件的区域差异,划分若干子区。分别针对各子区各种分类对象分层进行图像分类处理,对子区各分类图像进行覆合,再对覆合子区的分类图像实行复合处理的全过程,从而形成能满足一定精度的分类结果的方法。生态分类方法属于集成式分类方法,同时吸收了遥感图像分类、地理信息系统和地理环境分异思想的技术方法。张树文等利用该方法进行了吉林省梨树县玉米种植面积提取的试验,提取的作物种植面积可用于产量的估算^[38]。

1.6 遥感技术与抽样技术相结合的方法

大面积农作物种植面积提取,受经济因素和遥感影像获取的影响,也不太可能采取遥感影像全覆盖的方式,开展大面积农作物面积遥感估算面临的主要问题有:精度问题、速度与效率问题、成本问题。因此进行大面积农作物种植面积提取通常采用遥感技术与抽样技术相结合的方法。

抽样技术在全球性大型农业调查项目中得到广泛使用,如欧盟 MARS 计划采用了分层面积采样抽样方法^[39]、美国大面积农作物估产计划(LACIE)以及农业和资源的空间遥感调查计划(ACRIS-TARS)等都使用了面积抽样框架(Area Sampling Frame)^[1]。

吴炳方等在“中国农情遥感监测系统”中,提出了分层两级抽样的作物种植面积提取方法。以 1 10 万全国土地资源数据库为基础,利用遥感数据进行分层整群抽样,以此来估算层内的农作物总种植成数(即所有作物的种植面积占耕地面积的比例)。利用 GVG 农情采样系统,通过样条采样,调查作物区内每种作物类型的分类成数(即某类农作物种植面积占所有作物种植面积的比例)。作物总种植成数与每种作物类别的分类成数相乘,再与耕地面积相乘就得到具体每种作物的种植面积^[40,41]。

2 未来的发展方向

随着遥感影像成像技术的发展,米级高分辨率遥感影像 IKONOS, QUICKBIRD 的出现,提高了农作物种植面积提取的精度。具有空间分辨率和波段分辨率多样性的高光谱遥感影像 MODIS,将会取代 NOAA/ AVHRR 在农作物种植面积提取中的地位。

遥感影像分析技术也在不断地发展,已有分类方法的组合和改进;发展以人工智能为特点的自动分类方法,不仅从遥感影像的光谱数据特征上进行区分,还可利用专家知识综合图像的背景信息进行分析获取分类结果;发展面向对象的影像分类方法,考虑影像对象的空间信息,融入了对象的纹理特征与邻域信息。

此外通过农作物种植面积提取流程的系统化,可以大大地提高农作物种植面积提取的精度和工作效率。尤其在进行了大面积农作物种植面积提取时,工作量很大、持续时间很长,容易造成操作错误和数据管理的混乱。因此需要对农作物种植面积

提取的过程进行流程优化,实现分析的流程化和系统化。

3 结语

农作物种植面积的提取是遥感估产的基础工作之一。遥感数据源和分类方法的选取将直接影响到种植面积提取和遥感估产的精度。多源数据和多种分类方法的综合应用,将会提高农作物种植面积提取的精度。进行大面积农作物的种植面积,不仅需要大量的遥感数据,还需要发展相应的面积抽样技术,以及进行系统运行化的研究,才能保证农作物种植面积提取的精度。

[参 考 文 献]

- [1] 孙九林. 中国农作物遥感动态监测与估产[M]. 北京:中国科学出版社,1996.
- [2] 王乃斌. 中国小麦遥感监测与估产[M]. 北京:中国科学出版社,1996.
- [3] 刘海启,金敏毓,龚维鹏. 美国农业遥感技术应用状况概述[J]. 中国农业资源与区划,1999,20(2):56-60.
- [4] 陈述彭,赵英时. 遥感地学分析[M]. 北京:测绘出版社,1990.
- [5] 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,2000,55(1):25-35.
- [6] 周成虎,骆剑承. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [7] P H 斯韦恩, S M 戴维. 遥感定量方法[M]. 北京:科学出版社,1984.
- [8] 章孝灿,黄智才. 遥感数字图像处理[M]. 杭州:浙江大学出版社,1997.
- [9] 白锐峰. 3S 系统支持下的山西省冬小麦估产方法研究[J]. 中国农业资源与区划,2002,23(4):54-56.
- [10] 黄晓军,何维,张云柏,等. 利用 TM 卫星资料进行江苏部分地区小麦面积调查[J]. 江苏农业科学,2003,(4):85-87.
- [11] 吴炳方. 中国农情遥感速报系统[J]. 遥感学报,2004,8(6):202-205.
- [12] 张玉贵. 1996 年巴黎 SPOT 国际会议情况简介[J]. 遥感信息,1996.
- [13] S M J BABAN, C LUKE. Mapping agricultural land use using retrospective ground referenced data[J]. satellite sensor imagery and GIS. Int. j. remote sensing, 2000, 21,(8):1757-1762.
- [14] G D BADHWAR. Classification of Corn and Soybeans Using Multitemporal Thematic Mapper Data[J]. Remote Sensing of Environment, 1984, 16:175-182.

- [15] M D TURNER, R G CONGALTON. Classification of multi-temporal SPOT-XS satellite data for mapping rice fields on a West African floodplain[J]. *Int. J. Remote sensing*, 1998, 19(1): 21 - 41.
- [16] T MURAKAMI, S OGAWA, M ISHITSUKA, et al.. Crop discrimination with multitemporal SPOT/HRV data in the Saga Plains[J]. *Japan. Int. J. Remote sensing*, 2001, 22, (7): 1335 - 1348.
- [17] KERDILES H, GRONDONA M O. NOAA-AVHRR NDVI decomposition and subpixel classification using linear mixing in the Argentinean Pampa[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1995, 16(7): 1303 - 1325.
- [18] B TSO, P M MATHER. Crop discrimination using multi-temporal SAR imagery[J]. *Int. J. Remote sensing*, 1999, 20(12): 2443 - 2460.
- [19] M CHAKRABORTY, S PANIGRAHY. A processing and software system for rice crop inventory using multi-date RADAR SAT ScanSAR data[J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 2000, (55): 119 - 128.
- [20] MARK E, JAKUBAUSKAS, DAVID R, et al.. Crop identification using harmonic analysis of time-series AVHRR NDVI data[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2002, 37: 127 - 139.
- [21] FANG Hongliang, WU Bingfang, LIU Haiyan, et al.. Using NOAA AVHRR and Land sat TM to estimate rice area year - by - year[J]. *Int. j. remote sensing*, 1998, 19(3): 521 - 525.
- [22] GUIDO LEMOINE, RICHARD KIDD. An alternative sampling technique for deriving crop area statistics from hybrid remote sensing data[M]. Joint Research Centre, Space Applications Institute, MARS. 1998.
- [23] OGAWA S, INOUE Y, MINO N, et al.. Monitoring of Rice Field using SAR Data and Optical Data.
- [24] BAN Yifang. Synergy of multitemporal ERS - 1 SAR and Landsat TM data for classification of agricultural crops[J]. *Can. J. Remote Sensing*, 2003, 29(4): 518 - 526.
- [25] B A M BOUMAN, D UENK. Crop Classification Possibilities with Radar in ERS - 1 and JERS - 1 Configuration[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1992, 40: 1 - 13.
- [26] LAU, CHI - CHUNG SHIAO, KAO - HSING. Combined Use of SPOT and GIS Data to Detect Rice Paddies[M]. ACRS 1998.
- [27] 周红妹, 杨星卫. 应用遥感方法动态求取小麦油菜面积[J]. *上海农业学报*, 1998, 14(3): 1 - 4.
- [28] L L F JANSSEN, H MIDDEKLOOP. Knowledge-based crop classification of a Land sat Thematic Mapper image[J]. *Int. J. Remote sensing*, 1992, 13(15): 2827 - 2837.
- [29] RICHARD KIDD, GUIDO LEMOINE. Operational European Cereal Monitoring: Methodological Considerations[J]. *Earth Observation Quarterly* no. 1999, 62.
- [30] 黄德双. 神经网络模式识别系统理论[M]. 北京: 电子工业出版社, 1996.
- [31] 阎静, 王汶, 李湘阁. 利用神经网络方法提取水稻种植面积——以湖北省双季早稻为例[J]. *遥感学报*, 2001, 5(3): 227 - 230.
- [32] C S MURTH, P V RAJU, K V S BADRINATH. Classification of Wheat Crop with Multi-temporal Images: Performance of Maximum Likelihood and Artificial Neural Networks[J]. *Int. J. Remote sensing*, 2003, 24(23): 4871 - 4890.
- [33] 李郁竹, 曾燕. 应用 NOAA/ AVHRR 数据测算局地水稻种植面积方法研究[J]. *遥感学报*, 1998, 2(2): 125 - 130.
- [34] 尤淑撑, 张玮, 严泰来. 模糊分类技术在作物类型识别中的应用[J]. *国土资源遥感*, 2000, (1): 39 - 43.
- [35] R K LENNGTON, C T SORENSEN, R P HEYDORN. A Mixture Model Approach for Estimating Crop Areas from Land sat Data[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1984, 14: 197 - 206.
- [36] 徐希孺, 周莲芳, 朱晓红. 混合像元的因子分析方法及其在大范围冬小麦播种面积估算中的应用探讨[J]. *科学通报*, 1989, 34(12): 946 - 949.
- [37] N A QUARMBY, J R G TOWNSHEND, J J SETILE, et al.. Linear mixture modeling applied to AVHRR data for crop area estimation[J]. *Int. J. Remote sensing*, 1992, 13(3): 415 - 425.
- [38] 张树文, 薄立群. 遥感图像生态土地分类法在农作物种植面积提取中的应用[J]. *地理科学*, 2000, 20(6): 569 - 572.
- [39] 刘海启. 欧盟 MARS 计划简介与我国农业遥感应用思路[J]. *中国农业资源与区划*, 1999, 20(3): 55 - 57.
- [40] 吴炳方, 李强子. 基于分层两级抽样的农作物种植面积遥感估算方法[J]. *遥感学报*, 2004, 8(6): 570 - 580.
- [41] 吴炳方, 田亦陈. GVG 农情采样系统[J]. *遥感学报*, 2004, 8(6): 570 - 580.