面向农作物监测的遥感信息处理技术研究

何国金[1]，胡德永[1]，刘喜珍[2]，李国靖[2]，郝义德[2]，王立平[2]
（1. 中国科学院中国遥感卫星地面站，北京　100086；2. 北京市农业技术推广站，北京　100029）

摘要：以区域性主要农作物种类识别、长势分析与产量估算及农业种植结构现状监测为主要研究对象，开展适于农业管理部门业务化运行的卫星遥感信息处理的关键技术研究。从分析主要作物类型识别的遥感物理依据入手，提出了卫星遥感数据处理及专题信息提取的基本技术框架、主要农作物类型及种植面积信息的提取方法以及主要粮食作物长势分析和产量估算模型，并对结果进行了简要的精度分析。

关键词：卫星遥感；信息处理；农业
中图分类号：S 127；TP 753　文献标识码：A　文章编号：1001－070X(2004)01－0040－03

0　引言

卫星遥感在农业方面的应用，一直是世界各国遥感应用研究的首选课题之一。目前，遥感技术已在作物长势评估、产量估算及土地利用分类等方面得到广泛应用[1,2]。由于中国的农业生产具有复杂的背景因素，特别是现阶段农业正处于种植结构调整的关键时期，种植类型的复杂程度和变化程度均为历史罕见。而政府部门急需了解种植结构现状、结构调整效果、作物长势以及绝对产量等情况。因此，区域性作物长势监测和估产，在中国的农业管理和种植特点环境下，具有较好的应用潜力。

本研究以遥感技术农业工程区域性应用为目标，以区域性主要农作物（冬小麦、水稻和玉米）长势分析和产量估算、农业种植结构现状监测为主要研究对象，开展适于农业管理部门业务化运行的遥感信息处理关键技术试验研究，为建立农业管理部门应用的可操作系统平台做技术储备。

1　主要作物类型识别依据

在植被类型识别研究中，所有植被的光谱特征曲线都具有相似性，不同类型植被的光谱特征曲线会发生重叠或交叉，这就是所谓的同谱异物现象。相关研究表明，相当多的作物在生长旺期，其光谱特征曲线非常相近，用宽波段遥感数据是不可能识别的，而应用高光谱遥感技术的代价太高，且目前尚没有既具有高光谱分辨又具有高空间分辨的卫星遥感系统（已有航空遥感系统）。

本研究在多时相卫星遥感数据的支持下，利用作物物候期的差异构成的光谱特征信息的差异，对作物类型进行识别；并考虑在图像数据库和知识模型库的支持下，构建智能处理系统。

2　数据处理及信息提取

2.1　数据处理及专题信息提取的基本技术框架

在遥感数据处理及专题信息提取技术框架设计中，充分考虑了农业工程应用的基本特点（图 1）。

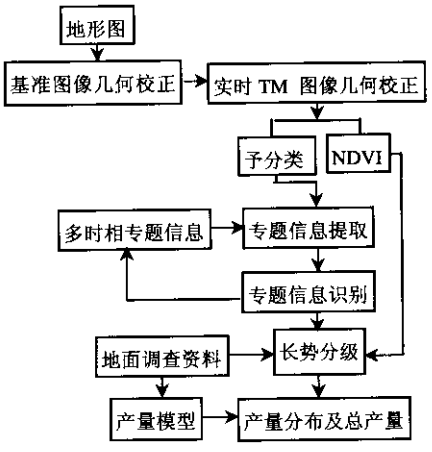

图 1　技术流程图

收稿日期：2003－03－17；修订日期：2003－07－30
基金项目：国家自然基金项目（60272032）和北京市科委重点支持项目。

万方数据

2.2　多卫星数据源选择及其几何校正

由于遥感农业工程应用的最终目标是实现一项长期的、周期性的产业化运作，在选择卫星数据源时应考虑下述因素：数据及资料来源的连续与稳定；光谱信息和空间分辨率满足监测目标的精度要求；保证数据的实时获取且价格适中。

综合上述因素，选择陆地卫星 5 号、7 号（TM、ETM^+）图像，并依据北京地区主要作物物候期分布，在天气许可的情况下，每年至少购买以下 5 个时相的 Landsat 卫星数据，即：①头年 11 月底到 12 月初冬小麦临近越冬期；②次年 3 月底至 4 月初小麦的返青至拔节初期；③次年 5 月中下旬小麦灌浆后期；④次年 7 月上、中旬；⑤次年 8 月中、下旬。

图像几何校正采用 1997 年 5 月 16 日过境的经 1∶5 万比例尺地形图精校正后的 TM 图像作为基准图像，其它时相卫星图像与之相配准。配准 RMS（均方差）≤0.5 个像元。

2.3　主要农作物类型及种植面积信息提取

由于不同农作物光谱特征的相似性，在无其它相关信息支持下，仅依据监督分类方法从单一时相 TM（或 ETM^+）图像上识别出不同的农作物类型很困难。因为，传统的计算机监督分类方法是一种统计判决，它仅把需要识别像元的光谱特征按照一定原则加以选择，形成特征空间的一个向量，并以此代表其识别对象。但是，由于识别对象光谱特征信息的模糊性，这种方法获得的分类精度往往不高。

目视判读是以图斑为识别单元，除了分析一个图斑的形状（空间特征）、色调（光谱特征）外，更重要的是把这个图斑所表征的信息置于全幅图像中，分析它与全幅图像中所表征的各类信息的关系。这一分析引入了目视判读者所掌握的多种学科知识和综合推理（逻辑分析）能力。这种分析和推断是多层次的，即在推断每一个图斑的过程中，所利用的判据（知识）可能是不同的。

依据上述思想，本研究发展了以监督分类方法为基础，并结合农学知识的多时相信息逐步逼近方法实现对各类农作物信息的提取，即：①以头年 11、12 月份卫星图像提取冬小麦播种范围的分布和面积信息。此时冬小麦已有少量的地表覆盖，而其它植被均已落叶（少量常绿植被和人工草地、牧草除外），易于识别。②选择次年 3 月底至 4 月初卫星图像提取冬小麦和早绿植被（如人工草地、牧草等）、塑料大棚的分布及面积，对冬小麦播种面积和分布进一步修正。此时小麦正处于返青至拔节初期，长势优于越冬前，同时，图像信息也基本反映出本年度冬小麦的丰欠趋势，可实时地为小麦中期管理提供客观依据。③次年 5 月中下旬卫星图像较好反映了小麦灌浆后期的长势及变化趋势（同 4 月初比较），此阶段小麦产量已基本确定。与 4 月初数据结合分析，可以最终确定冬小麦的分布、面积及长势，依据地面实测数据及产量模型，计算出本年度冬小麦单产高低的分布及总产量。④以次年 7 月上、中旬卫星图像结合 5 月份相关信息提取出水稻（春种稻和麦后稻）、春播作物（玉米、大豆）和林、园地的分布及种植面积信息。⑤利用次年 8 月中、下旬卫星图像及 5、7 月份卫星图像提取玉米、大豆、草地等相关信息。结合同期地面调查结果而得到玉米长势和产量。

2.4　主要粮食作物长势分析和产量估算

不同于大范围农业生产变化趋势性估计，该研究主要针对北京市冬小麦、水稻和玉米等主要农作物进行区域性长势监测和估产。在对北京地区冬小麦生育期分析、遥感信息与长势信息相关研究，以及影响长势和产量遥感信息模型的主要贡献因子研究（如主要灾害、土壤信息等）的基础上，依据小麦生长过程的长势—产量—光谱特征的相关关系，提出一种单一光谱信息多时相长势分级和产量估算模型

$$G = K_1 \times VI_1 + K_2 \times VI_2 + \cdots\cdots \qquad (1)$$

式中，G 为作物长势（产量）；K_1、K_2 为依据地面样区确定的贡献因子；VI_1、VI_2 为不同生育期遥感图像植被指数。

依据与卫星过境同步采集的地面样区数据（群体动态数据、叶面指数、理论产量、实际产量等）确定的 K 值和由卫星图像获得的 VI 值，最终得出长势分级和分布。地面样区分布于顺义、通州、大兴、房山、昌平、平谷、怀柔和密云 8 个区（县），共计 110 余个。依据 G 值划分的长势等级和通过地面调查确定样区的亩产量，最终计算出总产量。计算公式如下

$$W = A \times G \qquad (2)$$

式中，A 为作物种植面积；W 为总产量。

根据这一模型，通过少量人员短时间外业工作并结合图像处理结果，可快速获取北京市及其县、区冬小麦长势、分布和产量（表 1）。

表 1　京郊不同年份小麦分布和产量遥感估测结果

年份	面积/万 hm^2	总产量/亿 kg
1997～1998	17.24	9.47
1998～1999	18.03	9.42
1999～2000	13.66	7.43
2000～2001	8.08	5.05

3　结果精度分析

万方数据

3.1 面积精度

依据国外相关文献，按专题制图要求，最小上图图斑所包含的像元数量不应少于 60 个（相应 TM 图像 30 m×30m，像元为 5.4 hm^2）。本研究无需确认单个图斑的量算精度，而是统计一个辖区内同一类型的图斑面积和，并对其进行了初步的评价性论证。

面积总和的误差分析表达为

$$d\upsilon = \sum(A_i - B_i)/\sum B_i \qquad (3)$$

式中，A_i 为样本 i 的量算面积；B_i 为样本 i 的实际面积。

论证选择像元大小为 30 m×30 m 的陆地卫星 TM 数据和像元为 10 m×10 m 的 SPOT PAN 数据，对同一地块进行比较量算，部分量算结果列于表 2。

表 2 依据顺义地区部分耕地的量算结果 单位：hm^2

编号	TM（分辨率 30 m×30 m）	SPOT（分辨率 10 m×10 m）	SPOT－TM 融合	相对误差/%	编号	TM（分辨率 30 m×30 m）	SPOT（分辨率 10 m×10 m）	SPOT－TM 融合	相对误差/%
1	28.89	28.33	－0.56	1.96	6	47.52	49.36	1.84	－3.72
2	15.39	13.74	0.15	－1.12	7	19.44	19.58	0.14	－0.70
3	98.10	95.55	－2.55	2.66	8	29.70	29.29	－0.41	1.39
4	45.99	46.79	0.80	－1.72	9	47.25	47.59	0.34	－0.72
5	131.67	127.32	－4.34	3.41	10	20.88	21.70	0.82	－3.79
					累计	483.03	479.28	3.75	0.78

3.2 类型精度

由于使用多时相卫星信息，并利用了作物物候期差异，因此，小麦、水稻及温室等类型的识别错误很少。有些类型仅依据卫星图像无法区分开，如玉米和高粱、绿化用草地和牧草地（紫花苜蓿）、坑塘和鱼池（目视解译可分开）、割后的苜蓿地和裸地、长势极差的农地等，这些只能通过地面调查核实。

3.3 产量精度

在本项研究中，没有沿用大面积作物估产模式建立单产模型，而采用了设置样地，通过与卫星过境同步的地面采样数据，进行遥感数据的作物长势分级及相应的亩产分级，与常规测产结果对比后发现，该方法具有较高的实用价值。

参考文献

[1] 王乃斌，等. 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.

[2] 陈述彭，赵英时. 遥感地学分析[M]. 北京：测绘出版社，1990.

[3] 万余庆，阎永忠，张凤丽. 延河流域植物光谱特征分析[J]. 国土资源遥感，2001，(3)：15－20.

[4] 赵锐，汤君友，何隆华. 江苏省水稻长势遥感监测与估产[J]. 国土资源遥感，2002，(3)：9－11.

THE SATELLITE REMOTE SENSING INFORMATION PROCESSING TECHNOLOGY FOR AGRICULTURAL CROP MONITORING

HE Guo－jin[1], HU De－yong[1], LIU Xi－zhen[2], LI Guo－jing[2], HAO Yi－de[2], WANG Li－ping[2]

(1. *China Remote sensing satellite ground station*, *CAS*, *Beijing* 100086, *China*; 2. *Beijing Agriculture Technology Extension Station*, *Beijing* 100029, *China*)

Abstract: Focusing on agricultural crop monitoring, the authors have presented in this paper the key technology for satellite remote sensing information processing, which is expected to be operational. Starting with an analysis of the physical basis of remote sensing for crop type identification, this paper has not only given a technical framework for satellite remote sensing data processing but also presented the approaches to the thematic information extraction from remotely sensed data. In addition, A model for estimation of winter wheat yield has been formulated, with a description of the means for accuracy assessment.

Key words: Satellite remote sensing; Information processing; Agriculture

第一作者简介：何国金（1968－），男，博士研究生毕业，现任中国科学院中国遥感卫星地面站信息处理部副主任，副研究员。长期从事遥感图像识别与理解、遥感信息处理与应用方面的研究，已发表论文 30 余篇。

（责任编辑：周树英）

万方数据