

文章编号: 1007-4619 (2004)06-0581-07

# 作物种植成数的遥感监测精度评价

李强子, 吴炳方  
(中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101)

**摘 要:** 以河南开封和山西太谷地区作为研究区域, 选用 Landsat TM 作为农作物种植面积遥感监测的数据源。利用 Landsat TM 提取河南开封实验区 2001 年的夏季作物和山西太谷地区 2003 年秋季作物的作物种植成数。同时, 利用 IKONOS, QuickBird 高分辨率遥感影像, 通过地面调查进行了地面作物填图和分类, 同样得到实验区的农作物种植成数。最后通过两种结果对比, 表明开封实验区夏季作物的监测精度达到 99% 以上, 太谷实验区秋季作物的监测精度达到 97% 以上, 由此推断, 表明利用 Landsat TM 监测农作物种植成数的精度能够满足中国农情遥感监测的运行化要求。

**关键词:** 精度评价; 种植成数; 遥感

**中图分类号:** TP79      **文献标识码:** A

## 1 引 言

在中国目前的土地使用制度下, 采用遥感数据精确提取各种作物类型(指水稻、小麦、玉米、大豆等作物)的种植面积是不现实的<sup>[1]</sup>。由于作物种植制度、轮作方式和田块分布等特征相差很大, 除冬小麦在返青早期种类比较单一外, 其他作物类型多样、间作套作普遍, 如南方地区的早、中、晚稻, 东北地区的春小麦、春玉米和大豆, 北方地区的夏玉米、棉花等交错种植, 现有的数据源难以准确识别不同的作物类型, 每一种作物的播种面积很难从遥感图像上精确提取。我们曾经在太谷做了详细的种植模式调查<sup>[1]</sup>, 在 5km×5km 范围内, 夏季作物有 55 种之多, 秋季作物超过 90 种。因此, 在中国农情遥感监测技术体系中, 农作物种植面积的监测是采用两个分层抽样的遥感监测方法, 即在农作物种植结构区划的支持下, 通过整群抽样, 利用遥感技术监测农作物种植成数, 用样条采样框架调查农作物分类成数, 然后用耕地面积乘以种植成数和分类成数, 最终得到农作物种植面积<sup>[1]</sup>。农作物种植成数是所有作物的总

种植面积占耕地面积的比例, 主要采用遥感方法来识别耕地像元内的农作物是否播种, 即所有作物的总种植面积, 然后通过与耕地数据库对比得到。

在中国农情遥感速报系统中, 作物种植成数的监测主要使用 Landsat TM 或 CBERS CCD 等遥感影像作为数据源。它们对于农作物种植区域的识别精度极大地影响着农作物种植成数的监测精度, 并最终影响到农作物种植面积的估算精度。本文选择山西太谷、河南开封两个实验区域, 利用 QuickBird 和 IKONOS 甚高分辨率影像的地面调查或分类结果作为参照, 检验这两个实验区利用 Landsat TM 提取作物种植成数的精度。

## 2 实验区域选择及数据选择

### 2.1 实验区选择

本文选择山西太谷和河南开封两个实验区, 分别进行秋季作物和夏季作物的遥感监测实验。

山西太谷实验区地处晋中平原, 中心位置在北纬 37°25', 东经 112°30' 附近, 面积约 12000km<sup>2</sup>。实验

收稿日期: 2004-03-26; 修订日期: 2004-05-18

基金项目: 中国科学院知识创新项目: 全球农作物遥感估产研究(KZCX2-313); 科技部国家十五科技攻关课题: 农业信息资源开发与共享技术研究(2001BA513B02); 科技部十五攻关课题(2001BA513B02); 中国科学院遥感应用研究所领域前沿项目“样条采样框架的理论基础与精度检验方法研究”。

作者简介: 李强子(1970—), 男, 博士生, 中国科学院遥感应用研究所助理研究员, 现主要从事农业与生态环境遥感研究。E-mail: lqz@irsa.ac.cn

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

区内光热资源不能满足冬小麦+玉米轮作方式,不足一年两熟或两年三熟制。冬小麦收割后种蔬菜或杂粮,或蔬菜、杂粮收割后种植玉米、高粱。

河南开封实验区地处豫东平原,中心位置在北纬 34°37',东经 114°21'附近,面积约 7000km<sup>2</sup>。实验区内为一年两熟制,夏粮作物主要包括冬小麦、油菜,秋粮作物主要包括花生、玉米、棉花、红薯等,属暖温带半湿润大陆性季风气候。开封实验区地处黄淮海平原西部边缘的黄河故道,春季干旱风沙频繁,因此在沙质土壤上存在夏季作物的休耕或撂荒现象,对于检验作物种植区域具有较好的典型性。

2.2 数据订购

根据中国农情遥感速报系统的技术方案体系,农作物总种植面积监测的遥感数据源选用 Landsat TM/ETM+影像,此次实验中,两个实验区均订购到 Landsat ETM 数据(表 1)。

表 1 各实验区 ETM 数据订购清单

Table 1 Landsat ETM image list used in test sites				
实验区	类别	秋粮	物候期	
太谷	秋季作物	2003-10-14	玉米、高粱处于成熟期	
开封	夏季作物	2001-04-01	油菜为开花期,冬小麦处于拔节期	

其中,山西太谷实验区内的 Landsat ETM+图像因卫星出现故障,造成条带性数据缺失,使用前做了处理。

中国 1:10 万土地资源数据库<sup>[2]</sup> 包括耕地、林

地、草地、水体、建筑用地、其他用地共 6 大类 26 个亚类,主要用于非耕地像元的去除。从全国土地资源数据库中提取出实验区 Landsat TM 影像覆盖范围内的数据集,栅格化为与 Landsat TM 影像像元尺寸一致的二值图像。

QuickBird, IKONOS 等高分辨率遥感影像,主要用于农作物总种植面积监测结果的精度评价。由于数据获取困难且价格昂贵,在每个实验区内仅订购到一帧影像。山西太谷实验区订购到 2003-07-15 QuickBird 2.4m 多光谱数据,面积为 5km×5km,河南开封实验区订购到 2001-03-21 的 IKONOS 4m 多光谱数据,面积约 11km×11km。

3 评价方法

一方面,利用实验区内的 Landsat TM 图像,按照中国农情速报系统的面积监测技术进行预处理、分类和标识等处理,得到实验区内农作物种植区域分布图,并统计汇总得出作物总种植面积。另一方面,选用 QuickBird/IKONOS 等高分辨率影像,通过实地考察,建立地面调查数据库,并进行高分辨率影像的分类或地面作物填图,得到基于高分辨率影像的农作物种植区域分布图,同样汇总得到作物总种植面积。然后,根据两种不同数据得到的结果,选用相应的耕地面积数据,分别计算农作物种植成数,最后,将两种作物种植成数进行对比,评价农作物种植成数的遥感监测精度。流程如图 1 所示。

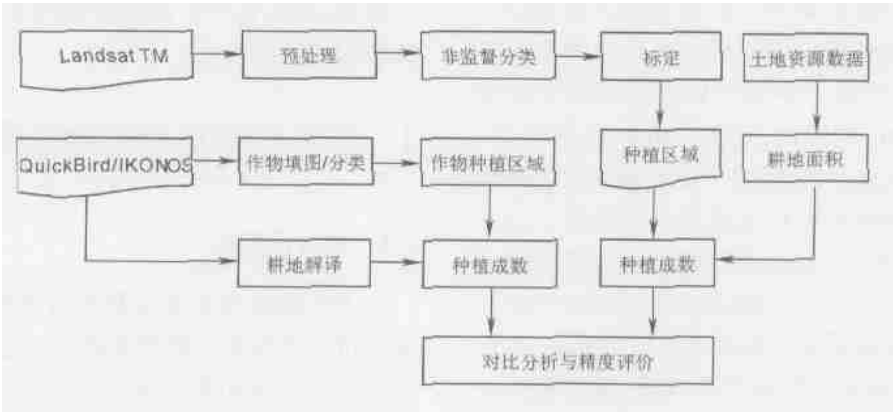


图 1 作物总种植面积遥感监测精度评价流程  
Fig. 1 Flowchart of planted proportion accuracy assessment

由于高分辨率遥感数据获取困难和较高的成本,高分辨率遥感数据仅覆盖了实验区内较小的范围,因此两种数据得到农作物种植成数的对比分析在 QuickBird/IKONOS 等高分辨率遥感数据的覆盖

范围内进行。

3.1 利用 Landsat TM 进行作物种植面积提取

根据农作物种植面积监测技术流程中的遥感数

据处理方法(图 2),通过如下 7 个步骤提取农作物 种植区域。

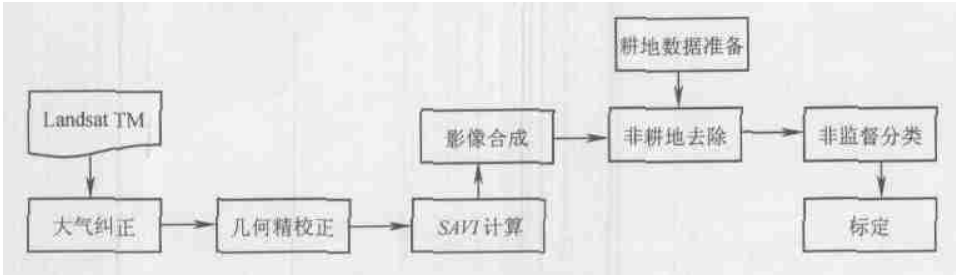


图 2 农作物种植区域监测数据处理流程

Fig. 2 Flowchart used for crop planted-area extraction

**大气纠正** 由于气象因子和太阳高度角的变化形成成像条件的差异,这必然影响与改变地面物质的光谱反射。为对多时相 TM 影像进行正确地比较与分析,本文采用 ATCOR<sup>2</sup> 算法进行大气因子校正和雾霁去除。

**遥感影像几何精纠正** 采用二阶多项式进行遥感影像的几何精校正。首先对照地形图或参考影像建立地面控制点集,最后采用最邻近距离法重采样生成几何精校正后影像。为了保证几何精纠正的质量,建立了标准的参考影像库和控制点集。在没有参考影像的情况下,用地形图作为参考进行纠正。为了保证精度,要求控制点数量不低于 30 个,并保证控制点的空间分布接近均匀分布。每个地面控制点 RMS 误差与 RMS 累积误差均要求<1,即最多允许有一个像元的误差。

**植被指数计算** 植被指数是反映作物播种信息的重要指标,植被指数参与分类和解译可以明显提高精度。其中光学遥感影像的植被指数采用 SAVI 公式:

$$SAVI = ((TM4 - TM3) / (TM4 + TM3 + 0.5) + 1) \times 100 \tag{1}$$

**影像合成** 将计算求得的 SAVI 数据层叠加到多光谱数据之后,形成包括多光谱数据与 SAVI 信息的合成数据集。

**矢量层耕地数据准备及耕地地区影像提取** 在高精度土地覆盖数据库中提取出遥感图像对应区域的耕地数据,经栅矢转换处理成耕地层二值图像。将遥感图像与耕地层二值图像相叠加,去除非耕地像元,保留耕地范围内的像元,使耕地内的作物信息更加明显,由原来的较弱的信息得到强化,有利于后期分类。

**非监督分类** 采用 ISODATA 算法,对去除非耕地后的图像进行非监督分类,生成分类影像。为保

证分类质量,每帧影像的分类类别不低于 20 类,并要求最大迭代次数不低于 15 次。

**标定** 综合运用各种信息,包括各个类别的统计量、空间分布,以及各种先验知识(主要是物候历、长势监测成果、气象信息)和有关地面调查信息(如有关种植结构调整的政策等),解译出各个类别的信息。

经过上述 7 个步骤,两个实验区的 Landsat TM 数据经过预处理、分类与标定后,分别得到太谷实验区 2003 年秋季作物与开封 2001 年夏季作物的 Landsat TM 监测分布,图 3 是两个实验区的部分区域放大图像。其中,图 3(a)为太谷实验区秋季作物分布图,图 3(b)为开封实验区夏季作物分布图。图中黄色区域为休耕地或撂荒地,绿色区域为作物分布区。黑色框定区域为高分辨率影像覆盖范围。

3.2 利用高分辨率影像进行作物种植面积提取

利用高分辨率遥感影像进行农作物种植面积监测在两个实验区采用了两种不同的方式,主要考虑到两个实验区不同的情况。

在太谷实验区,采用在 QuickBird 帮助下进行地面作物填图的方法。主要因为 QuickBird 影像处于夏季作物与秋季作物交替时期,且与 Landsat TM 数据的时间间隔比较长等原因,直接分类将不能反映 Landsat TM 的作物分布情况。在进行地面作物填图时,首先借助 QuickBird 影像勾绘出农作物耕作地块,然后派出地面调查队伍进行野外调查,逐个地块进行作物填图登记,得到整个实验区的作物分布图(图 4(a)),最后统计汇总得到太谷实验区 QuickBird 覆盖范围内的秋粮种植面积<sup>[2]</sup>。

在开封实验区,采用高分辨率影像分类的方法。首先借助 IKONOS 进行地面调查,建立地面要素标志库,然后在室内对 IKONOS 进行非监督分类并标定出作物种植类别和其他地面要素(图 4(b)),经检

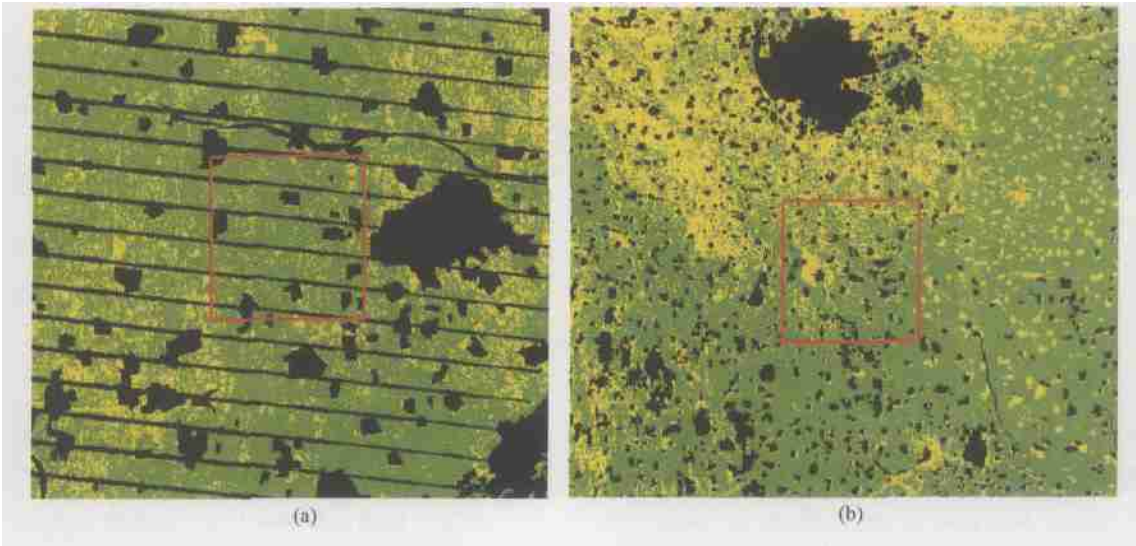


图 3 太谷实验区 2003 年秋季作物(a)及开封实验区 2001 年夏季作物(b)分布区域  
(图中绿色区域为作物,黄色区域为未种植区域)

Fig. 3 Taigu fall-harvest crop area in 2003 (a) and Kaifeng summer-harvest crop area in 2001 (b) with Landsat TM  
(Planted areas in green and idle areas in yellow)

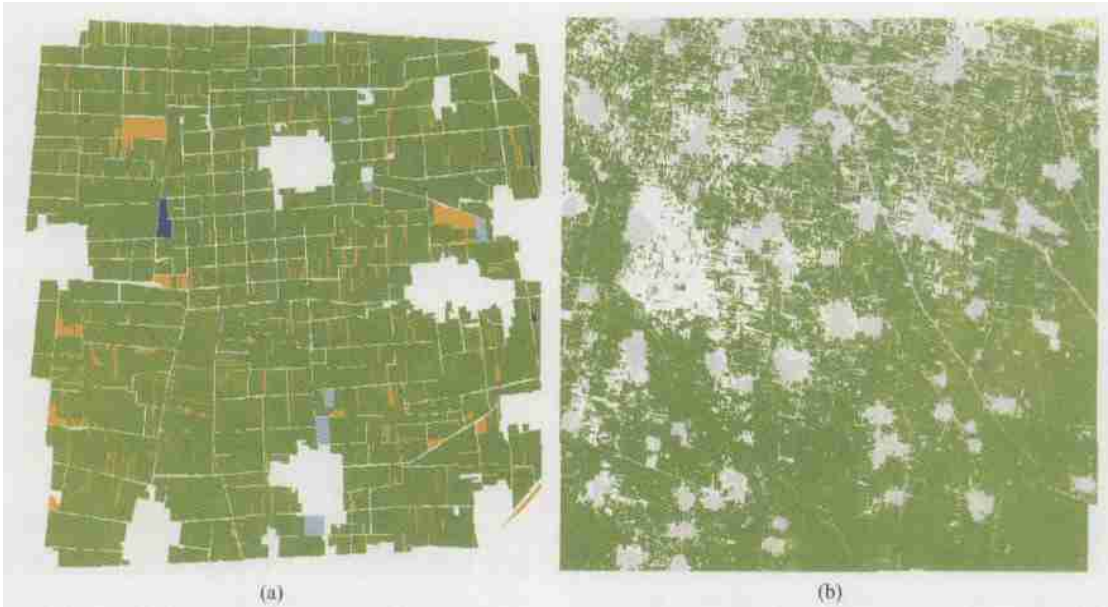


图 4 太谷(a)与开封(b)实验区的农作物种植区域分布图  
Fig. 4 Crop area in Taigu (a) and Kaifeng (b)

验具有较好的分类精度,最后,按像素统计得到实验区内 IKONOS 覆盖范围内的农作物总种植面积<sup>[3]</sup>。  
太谷实验区秋粮作物的地面调查工作于 2003 年 9 月底进行,开封实验区的地面调查工作于 2001 年 10 月中进行,同时调查实验区内选择样点的夏季作物和秋季作物。为了弄清影响作物种植面积提取的因素,野外调查过程中,记录地块内的作物类型、发育期、长势、旱情、管理等方面信息,必要时拍摄照片。

3.3 农作物种植成数计算

Landsat TM 监测得到的农作物种植成数,即其监测得到的作物种植面积与同区域 1:10 万土地资源数据库中的耕地面积相除。为了与 QuickBird 或 IKONOS 等甚高分辨率遥感影像的监测结果形成对比,首先,对 Landsat TM 监测得到的农作物种植区域分布图按甚高分辨率影像的范围提取出来,计算甚高分辨率影像范围内的作物种植成数(表 2)。



对于 QuickBird 或 IKONOS 等甚高分辨率遥感影像,由于其空间尺度的差异,不能使用 1:10 万土地资源数据库中的耕地面积,而是通过地面调查与解译,得到其耕地面积,然后用来计算最终的农作物种植成数(表 2)。

表 2 两个实验区的作物种植成数评价结果  
Table 2 Crop proportion accuracy assessment for the two test area

项 目	开封	太谷
Landsat TM 监测种植面积/亩*	101272	25062
1:10 万比例尺耕地面积/亩	142613	28214
Landsat TM 监测种植成数	0.7101	0.8883
IKONOS/QuickBird 种植面积/亩	122052	23508
来自高分辨率数据的耕地面积/亩	169880	27067
IKONOS/QuickBird 种植成数	0.7185	0.8685
相对误差/%	-0.43	2.28

\* 1 亩=0.067hm<sup>2</sup>



图 5 作物长势对于作物遥感识别的影响

Fig. 5 Crop condition affection in crop area identification

Landsat TM 分类后并标定出作物种植区域的图像。其中红色圈定区域是典型的沙土区,冬季多风蒸发快,保墒水平差,农民往往播种油菜、蔬菜或撂荒, Landsat TM 对于该区域的识别较差,最终导致作物种植成数的监测结果偏低。

(2) 遥感影像的时相影响。太谷实验区由于云覆盖等原因,一直没有订购到理想的 Landsat TM 影像,直到 10 月份才找到一期,此时玉米、高粱均已进入成熟期或收获期,植株老黄,造成 TM 影像识别能力偏低,在分类影像解译时虽然借助纹理信息进行了补救,但最终未能校正数据时相偏晚造成的监测误差。图 6(a)是根据 QuickBird 完成的作物填图分

4 精度评价及误差分析

农作物种植成数的精度评价即通过两种来源的作物种植成数监测结果的对比得到。表 2 是两个实验区不同数据源得到的农作物种植成数监测结果和精度评价。开封实验区农作物种植成数监测的精度高达 99%以上,太谷地区则可以达到 97%以上。

根据地面调查记录发现,导致作物种植成数监测误差出现的原因,表现在 4 个方面:

(1) 农作物的长势差异的影响。开封实验区的北部区域,主要为沙质土壤,冬小麦产量较低且管理成本较高,因此油菜种植较多,且疏于管理,施肥、浇水均未能及时,因此,作物长势较差,郁闭度不足 30%,造成明显的分类误差。图 5(a)为 IKONOS 分类后并标定出作物种植区域的图像,图 5(b)为

布图,其中绿色区域为作物种植区,图 6(b)是 Landsat TM 分类后并标定出作物种植区域的图像。红色圈定区域,作物已经进入收获期, Landsat TM 的识别能力明显下降,出现与其他类别的混淆现象,最终导致种植成数监测的误差偏高。

(3) 空间分辨率的影响。由于 Landsat TM 自身空间分辨率相对偏大,导致道路、水系等亚像元级要素在影像上无法反映,导致作物总种植面积偏大。如图 5 与图 6 中,道路、水系在左边的高分辨率影像均有较好反映,在图右的 Landsat TM 分类图像中均没有明显反映。

(4) 土地利用数据的影响。在利用土地资源数

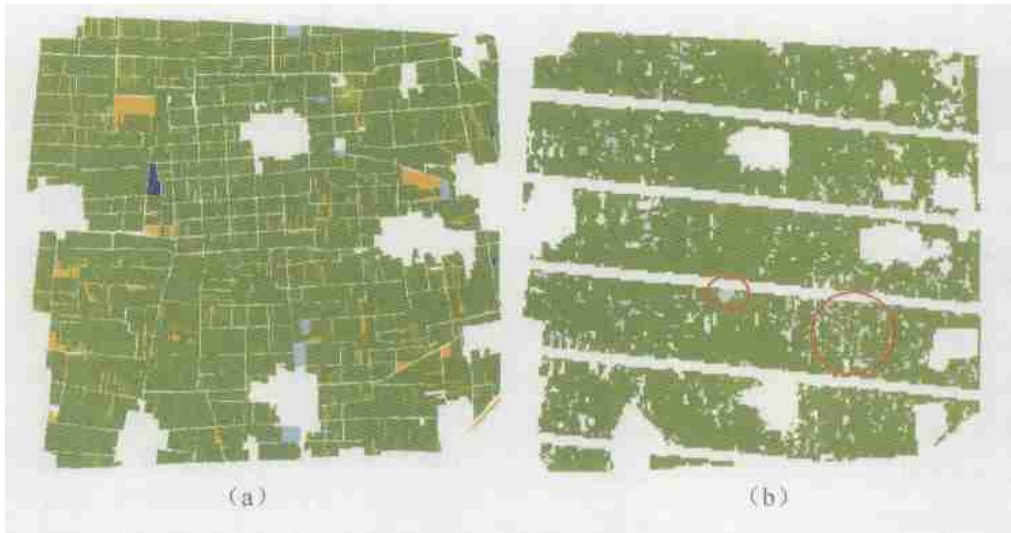


图 6 数据时相较晚对作物种植成数遥感监测的影响

Fig. 6 Data acquisition date affected crop area identification for some harvested crops

据库进行非耕区域去除时,由于土地利用数据的错误,导致 Landsat TM 对部分区域的漏识,如图 6 左下角区域,根据土地资源数据库,去除了部分区域,但 IKONOS 数据表明该地区是耕地,同样导致了作物种植成数的偏差。

5 结论与讨论

本文利用 Landsat TM 数据,在山西太谷与河南开封两个实验区进行了作物种植成数监测实验,同时,使用 IKONOS,QuickBird 等高分辨率遥感影像进行了作物种植成数监测,通过两种结果的对比分析,表明作物种植成数的遥感监测可以达到相当高的精度水平。开封实验区夏季作物的种植成数监测精度达到 99%以上,太谷地区 2003 年秋季作物种植成数的监测精度达到 97%以上。因此,选择合适的数据时相,利用 Landsat TM 或 Chers CCD 数据,完全能够满足中国农情遥感速报系统的运行化需求。

由于作物长势对于遥感数据本身的影像作用,使农作物种植成数的遥感监测受到较大的影响,并最终导致分类误差。如 2001 年开封实验区夏季作物的监测中,由于部分地区冬小麦与油菜的粗放经

营,使得二者的郁闭度较低,大面积裸土出露,引起光谱包含了更多的土壤成分,从而导致了分类过程中的错分现象,最终影响了农作物种植成数的监测精度。

另外,选择合适的数据时相,提高 Landsat TM 数据对于农作物种植区域的识别能力,使用最新土地资源数据库,均可有效地提高农作物种植成数的监测精度。

参考文献 (References)

[ 1 ] Wu B F, Li Q Z. Crop Acreage Estimation Using Two Individual Sampling Frameworks with Stratification [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2004, 8(6): 551—569. [吴炳方,李强子.基于两个独立抽样框架的农作物种植面积遥感估算方法[J].遥感学报, 2004, 8(6): 551—569.]

[ 2 ] Wu B F, Xu W B, Sun M, et al. QuickBird Imagery for Crop Pattern Mapping[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2004, 8(6): 688—695. [吴炳方,许文波,孙明等.高精度作物分布图制作[J],遥感学报, 2004, 8(6): 688—695.]

[ 3 ] Li Q Z, Wu B F, Xu W B. Accuracy Assessment of Crop Type Proportion using CVG Instrument on Transect Line[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2004, 8(6): 588—592. [李强子,吴炳方,许文波,农作物分类成数的精度检验[J],遥感学报, 2004, 8(6): 588—592.]

Accuracy Assessment of Planted Area Proportion Using Landsat TM Imagery

LI Qiang-zi, WU Bing-fang

( Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** In this Paper, the accuracy of planted area proportion using Landsat TM is assessed with two pilot sites at Kaifeng of Henan province and Taigu of Shanxi province.

In Kaifeng, one Landsat TM imagery on April 1 2001 was acquired for summer crop. In Taigu, Landsat TM image on Oct. 14 2003 was acquired for autumn crop. Landsat TM images were processed for extracting the planted area proportion with 6 steps: atmospheric correction, geometric correction, SAVI calculation, non-arable land masking, unsupervised classification, and labeling. Planted pixels were counted and the planted area proportion can be calculated by the divided the number of arable land pixels extracted from the land use map at a scale of 1:100 000.

At the same time, in order to assess the accuracy of planted area proportion from Landsat TM, an IKONOS imagery (11km×11km Coverage) on Mar. 21, 2001. was acquired for Kaifeng. After an unsupervised classification based on ground survey, the planted area proportion are obtained. A QuickBird imagery was applied to Taigu site, and the planted area proportion are obtained by field works, which fills every parcel with crop or landuse type.

These two planted area proportions for two sites can be compared to assess the accuracy of extracting the planted area proportion with TM data. It shows that the accuracy is 99% in Kaifeng and 97% in Taigu. And this is acceptable for the operational purpose of China Crop Watch System with remote sensing.

**Key words:** accuracy;assessment; crop proportion;remote sensing