

基于多时相 TM 和北京一号卫星影像的 春播进度遥感监测

齐 腊^{1,2}, 黄文江², 陈 玲¹, 王纪华², 王锦地¹

(1. 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875;

2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097)

摘要:基于作物生长的物候规律,利用 2007 年 4 月 26 日、2007 年 5 月 28 日 Landsat TM 影像和 2007 年 6 月 28 日北京一号卫星影像进行北京地区春播进度遥感监测。首先,分析了地物类型之间的光谱可分性距离;其次,采用逐步鉴别分析方法,并将掩膜技术和决策树分类方法相结合,监测北京 2007 年 5 月 28 日和 6 月 28 日的春播作物种植面积;最后,基于地面调查点对分类结果进行精度评价。结果表明 5 月 28 日总体精度为 84.5%,6 月 28 日总体精度为 88.0%;逐步鉴别分析方法有利于寻找作物分类的光谱差异,建立多时相分类规则,简化了多时相多作物遥感分类流程并提高了分类精度。

关 键 词:多时相;归一化均值距离;逐步鉴别分析;春播进度

中图分类号:S 127;TP 753.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2010)03-0328-06

1 引 言

卫星遥感能够快速、准确、客观地监测农业生产变化和资源利用状况,有利于及时掌握农业基本信息,进行宏观调控。及时准确地了解春播作物进度,有利于根据天气状况,及时抢墒播种,确保春播作物播种面积。

关于利用多时相遥感影像进行植被监测,国内外已开展了广泛的研究。Driese^[1]等利用多时相的 Landsat TM 和 GIS 数据对 Catskill 公园进行了植被制图,分析影像中植被的光谱指数和时相指数,基于参考地图和 114 个站点,采用传统的地图精度和分形精度两种指标对制图精度进行了评价,发现在地面样本有限的情况下,传统的地图精度评价结果从 28%变化到 90%,而分形精度相对稳定。Uchida^[2]利用 NDVI 数据监测农业土地利用,并应用于温带和热带的半干旱的一些区域。Gorham^[3]等基于作物的物候特征,讨论多时相方法用于农业土地利用制图,并对训练样本获取、影像分类和精度验证 3 个环节进行了检验。Gregory^[4]研究了本土和入

侵物种的冠层光谱差异,发现这些冠层光谱和树种的生物物理、生物化学和冠层结构特性相关,从而进行了 Hawaii 地区的入侵物种的监测与制图。Shi^[5]等基于实验室高光谱数据,用逐步鉴别分析方法对海岸盐碱地的开垦利用进行了评估,结果表明分类的总体精度达到 86.6%,交叉验证精度达到 89.3%。由此可见,多时相影像被广泛地用于不同森林、草地和作物等植被类型的鉴别与制图^[6-7]。

由于春播作物类型繁多、播期长,作物类型之间存在同物异谱和同谱异物现象,利用单时相影像或者同一生育期影像很难进行区分。考虑到作物的物候特征和同一作物在不同时相的遥感影像中具有不同的光谱特征,因此,利用作物的物候光谱差异,基于逐步鉴别分析方法来寻找春播作物与其它地物类型之间最大光谱差异,进行春播进度的遥感监测。本文采用 2007 年 4 月 26 日、2007 年 5 月 28 日和 2007 年 6 月 28 日 3 景遥感影像,以 2007 年 4 月 26 日 TM 卫星数据作为基准,通过比较 5 月 28 日、6 月 28 日卫星影像中的植被绿度和覆盖度增加情况,

收稿日期:2009-12-11;修订日期:2010-03-31

基金项目:国家 863 项目(2006AA120101、2006AA12Z138、2006AA210108),国家 973 项目(2007CB714401)资助。

作者简介:齐腊(1982—),女,博士研究生,现从事地物分类与农业遥感应用研究。E-mail:qilaros@163.com。

通讯作者:黄文江(1974—),男,博士,现从事农业遥感研究。E-mail:yellowstar0618@163.com。

提取不同时期的春播作物的种植面积。

2 研究区概况及数据源

2.1 研究区概况

北京市位于 $39^{\circ}28' \sim 41^{\circ}05'N$, $115^{\circ}24' \sim 117^{\circ}30'E$ 。西部和北部是山地,东南为平原。年均气温为 $13.1^{\circ}C$ 。1月全年气温最低,平均气温 $-3.9^{\circ}C$ 。7月全年气温最高,平均气温 $26.5^{\circ}C$ 。年平均降水量 430.9 mm ,年度降水主要集中于夏季。研究区为北京农业种植地区,研究区地势平坦,起伏较小。研究区内主要土地覆盖类型有农田、林地、水体及居民区等,农田的主要类型有冬小麦、苜蓿、春玉米、夏玉米、蔬菜等。

春耕作物一般5月上旬开始播种,主要包括以下几种类型:

- (1) 春播粮食:玉米、大豆、薯类;
- (2) 春播棉花;
- (3) 春播油料:主要是花生;
- (4) 蔬菜;
- (5) 水生作物:主要是莲藕和茭白。

由于多时相的数据获取困难并考虑到地块的完整性,本文主要选择了3类春播作物进行监测:春播粮食(主要是春玉米、春大豆)、蔬菜和水生作物进行监测。春玉米一般5月上旬播种,中旬出苗,7月中旬开始吐丝,8月中旬灌浆,到9月开始收获。蔬菜生长期集中在3、4个月,一般4月播种,7月底收获。

2.2 数据源情况

为了充分利用春播作物的时相信息,更加准确地监测春播作物面积,本文选用了2007年4月26日TM卫星影像、2007年5月28日TM卫星影像和2007年6月28日北京一号卫星影像,来监测2007年5月28日和6月28日的春播进度情况。以几何精纠正后的2007年4月26日TM影像为基准图,对2007年5月28日TM影像、2007年6月28日北京一号卫星影像进行几何精纠正。为消除不同遥感平台对影像几何纠正的影响,对影像变形大的区域加密控制点,采用双线性内插方法和三角订正模型进行纠正。并对几何纠正后的影像再次选取控制点,通过控制点的误差平方可以保证影像配准误差优于一个像元。采用经验线性法对所有3景影像进行相对辐射校正,得到反射率图像。最后,对影像求取归一化植被指数(NDVI),将空间分辨率重采样为 25 m ,采用北京地方坐标系,合成影像时间序列和NDVI时间序列。

选用了1:1万的北京市等高线数据,通过插值生成TIN文件,转化为 25 m DEM栅格图,利用GIS软件产生坡度图,将坡度大于 5° 的定义为山区,以去除山体对作物分类的影响。采用北京行政边界数据,对春播作物监测面积分区县统计并制作专题图。

3 研究方法和技术流程

由于周年作物从播种到收获集中在3、4个月,相比于真实的植被长势,NDVI的变化更加明显^[2]。因此,植被指数已广泛应用于植被覆盖度评价和作物识别等方面^[8]。归一化差异植被指数(NDVI)是目前应用最为广泛的植被指数,比较适合于植被早—中期生长阶段的监测^[9]。由于监测的是春播作物的播种进度,故选用NDVI来进行春播作物的提取。考虑到作物的物候光谱特征,选择不同作物提取的最佳时相,采用逐步鉴别分析方法,逐步提取干扰的地物类型并掩膜,最后剩余的就是感兴趣的地物类型。

3.1 研究区内主要植被类型的时相特征

地物本身的光谱可分性是影响作物分类的主要来源,而传感器的特性和作物的物候特征直接关系着地物的光谱特征^[10],因此首先需要进行不同地物类型光谱特征分析。考虑到作物生长的物候差异,对主要植被类型分时相进行特征分析,对比不同地物类型时相变化规律,将地物类型的NDVI值以时间排列起来,便形成作物生长的NDVI动态迹线。它以最直观的形式,反映了作物从播种、出苗、抽穗到成熟过程中NDVI的变化过程。作物种类不同,其NDVI曲线具有不同的特征,同类作物生长环境和发育状况的变化也会造成NDVI时间曲线的变动^[11]。北京地区主要植被类型的NDVI剖面线如图1所示。

由图1可以看出,春玉米在4月26日影像中,呈现裸土特征,从4月26日到6月28日NDVI值显著增加,在5月28日影像中,春播作物与其它植被的可分性相对较高,但是由于这个时期春播作物基本处于出苗期,覆盖度较低,和裸地、居民地有着较大程度的光谱重叠。在6月28日北京一号影像中,春玉米处于拔节—吐丝期,覆盖度较大,和非植被的可分性较好,但和蔬菜、草地、林地等植被有较大的光谱重叠。因此,通过简单的阈值确定,很难准确地提取春播作物。而采用逐步鉴别分析方法,充分利用作物的时相特征,有利于分类规则的建立。水生作物由于播种日期较晚,生长较快,故4月26日影像中表现为非植被特征,5月28日影像中植被特征微弱,6月28日影像中表现出明显的植被特征。

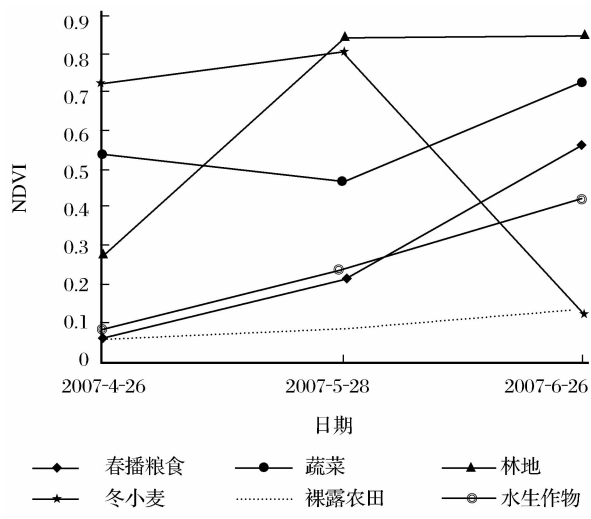


图 1 不同时相遥感影像中主要植被的 NDVI 剖面线
Fig.1 NDVI profile curve in remote sensing image
acquired on different stages

3.2 归一化均值距离

地物的复杂性严重制约了卫星遥感的精确提取,特别是同物异谱和同谱异物,使遥感分类中的错分和漏分现象不可避免^[12]。为评价地物之间的可分性,常选用一些指标来进行量化研究,常用的光谱距离包括 5 种:归一化均值距离、各类样本距离的平均值、J—M 距离、离散度和基于熵函数的可分性准则。本文采用归一化均值距离来定量评价地物类

型间的光谱可分性,归一化均值距离要求样本正态分布,基于样本的均值、标准差进行计算,在一维情况下,其公式如下:

$$S = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{SD_1 + SD_2} \tag{1}$$

其中: μ 为类别样本的均值, SD 为类别样本的标准差。

由于本文采用多时相数据,因此,可分性距离计算需要在多维空间中进行。将一维情况下的公式扩展到多维,其公式如下:

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^l (\mu_{1i} - \mu_{2i})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^l SD_{1i}^2} + \sqrt{\sum_{i=1}^l SD_{2i}^2}} \tag{2}$$

其中: μ 为类别样本的均值, SD 为类别样本的标准差, l 为空间维数。

其判别标准如下:当 $s > 1.5$ 时,两类之间具有 90% 的可分性;当 $s \leq 0.55$ 时,两类之间具有 70% 的可分性;当 $s = 0$ 时,两类之间具有 50% 的可分性,此时两类别之间具有相同的均值或大量光谱重叠。

3.3 技术流程

图 2 是本文的冬小麦分类流程图,主要包括 3 部分:北京一号卫星和 TM 数据的预处理;春播作物进度的遥感监测;水生作物的遥感监测和精度评价。

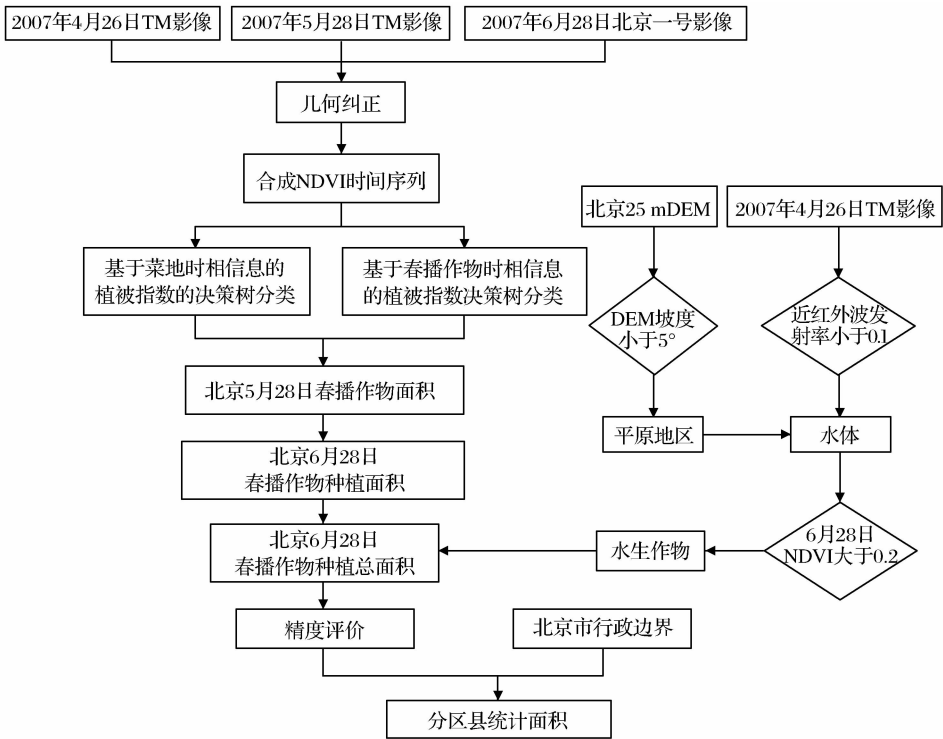


图 2 春播作物监测流程图
Fig.2 Flow chart of monitoring spring sowing crop

4 结果与分析

4.1 归一化均值距离结果

根据公式(2),NDVI 均值、方差,对不同时期和时相组合的春播作物与其它地物类型的光谱可分性进行计算,结果如表 1 所示。

表 1 主要地物类型与春播作物的归一化均值距离

Table 1 The normalize distance between the means of main types and spring sowing crop

时相与时相组合	蔬菜	冬小麦	苜蓿	林地	水生作物	裸土	草地
4 月 26 日	3.62	10.44	8.75	1.88	1.01	0.66	5.32
5 月 28 日	1.92	5.94	1.59	3.74	0.32	2.16	6.45
6 月 28 日	0.30	5.36	0.38	0.45	0.03	4.07	0.60
4 月 26 日+5 月 28 日	2.60	7.95	2.59	2.63	0.58	1.81	5.47
5 月 28 日+6 月 28 日	1.38	5.24	1.21	1.67	0.18	3.90	3.26
4 月 26 日+6 月 28 日	2.12	6.15	2.85	1.04	0.28	3.94	3.06
4 月 26 日+5 月 28 日+6 月 28 日	1.99	6.02	1.05	1.67	0.36	3.79	3.71

由于冬小麦、苜蓿是越冬作物,和春玉米等春播作物具有生长期重叠,因此 5 月 28 日影像中冬小麦、春玉米两种作物同时存在,此时冬小麦的覆盖度高,而春玉米覆盖度低,光谱重叠较小,并且 4 月 26 日影像中春播作物尚未播种,因此设定 NDVI 大于 0.24 可以进行区分。6 月 28 日影像中,春玉米和苜蓿同时存在,且光谱重叠较大,利用单时相影像很难进行区分。根据不同时期和时相组合的光谱可分性距离计算结果,可以看出冬小麦和苜蓿与春玉米的光谱可分性的最佳时相组合是 4 月 26 日和 5 月 28 日,利用这两个时期可以较为准确地提取冬小麦和苜蓿。

由于蔬菜播期略早于春玉米,且播种后迅速达

到生长最大值,因此,春玉米与蔬菜可分性的最佳时期是 4 月 26 日。春玉米与草地、林地光谱可分性的最佳时期为 5 月 28 日,主要因为草地、林地绿度值相对较高,而春玉米由于刚播种覆盖度较低。

5 月 28 日影像中,春播作物由于覆盖度较低,与裸土、居民地的可分性明显没有 6 月 28 日高,但都达到了 90%的可分性,说明两者固有的光谱特征差异较大。

4.2 春播作物进度监测结果及精度验证

根据北京市行政边界矢量数据和 5 月 28 日及 6 月 28 日卫星影像进行春播作物分类制图,结果如图 3 所示。

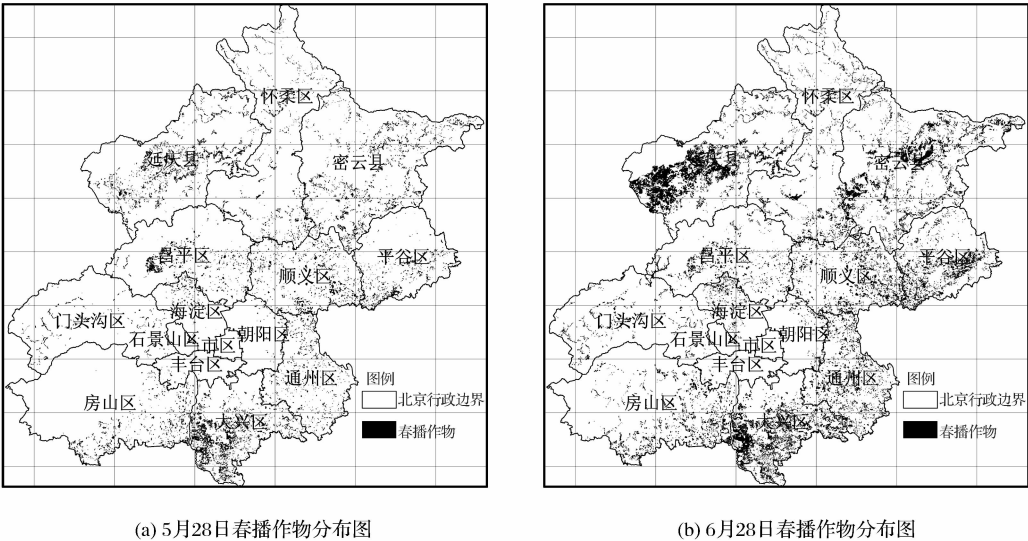


图 3 春播进度遥感监测图
Fig. 3 Monitoring results of spring-sown progress

从图 3 可以看出,春播作物面积以延庆、大兴、密云最多,丰台、朝阳、海淀最少。对通州、大兴区春播作物进行野外调查,共计 100 个地面验证点,对两期春播作物进行精度评价,总体精度分别为 84.5% 和 88.0%,面积精度误差分别为 22% 和 4%。6 月 28 日遥感监测春播作物的精度优于 5 月 28 日。主要原因在于 4 月下旬 TM 影像中,春播作物还没有播种,绿度值为 0。5 月中旬,春玉米部分播种,部分还未播种,且已播种春玉米主要处于出苗期,绿度值增加较为缓慢,和裸土光谱特征有着很大程度的重叠,监测精度相对较低,到 6 月中上旬,春玉米基本播种完毕,玉米进入拔节—吐丝期,绿度值增加较快,其它作物如冬小麦、苜蓿等已经收割,故能更准确地监测春播作物面积。由于混合像元的影响、不同遥感平台的差异和春播作物播期较长等原因,使春播作物绿度值在同一时相影像和不同时相影像之间的方差范围较大,混淆了不同植被类型之间的光谱响应,影响春播作物的精确分类。然而,利用逐步鉴别分析方法,对多种作物之间时相差异进行分析,有利于进行分类规则的挖掘,寻找作物类别之间光谱差异最大的光谱特征点,从而提高遥感分类精度。

5 结 语

利用遥感影像监测春播作物有利于及时了解播种情况,监测北京农业土地利用状况,改善种植结构,从而更加合理地利用农业土地资源。但花生、红薯、瓜地等有部分覆膜种植生长,菜地由于生育期较短,变化较快,且大部分蔬菜为设施农业,在遥感影像中表现为非植被特征,故能监测的蔬菜面积有所波动。但总体来说,与春玉米种植面积相比,蔬菜的播种面积较少,对总体面积误差的影响不大。此外,论文采用了不同数据源的遥感影像,由于遥感平台的差异,对不同时相间的相对辐射订正和几何纠正均有影响。

本文利用多时相遥感影像,基于北京的种植结构和作物的生育期,利用逐步鉴别分析方法对多作物的光谱特征进行分析,建立分类规则,将掩膜技术和决策树分类方法相结合,进行春播作物播种面积的遥感监测,取得了较好的监测结果,提高了监测精度,是一种简单易行的农业土地利用动态监测方法。

参考文献:

- [1] Driese K L, Reiners W A, Lovett G M, *et al.* A Vegetation Map for Catskill Park, NY, Derived from Multi-temporal Landsat Imagery and GIS Data[J]. *Northeastern Naturalist*, 2004, 11(4): 421-442.
- [2] Uchida S. Discrimination of Agricultural Land Use Using Multi-temporal NDVI Data[C]//The 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 2001, 2: 813-818.
- [3] Gorham B. Mapping Multi-temporal Agricultural Land Use in the Mississippi Alluvial Valley of Arkansas [C]//Spatial Technologies in Agriculture and Natural Resources. SRIEG-10 Annual Conference, 1998.
- [4] Gregory P A, Matthew O J, Roberta E M, *et al.* Remote Sensing of Native and Invasive Species in Hawaiian Forests[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2008, 112(5): 1912-1926.
- [5] Shi Z, Cheng J, Huang M, *et al.* Assessing Reclamation Levels of Coastal Saline Lands with Integrated Stepwise Discriminant Analysis and Laboratory Hyperspectral Data[J]. *Pedosphere*, 2006, 16(2): 154-160.
- [6] Agrawal S, Joshi P K, Yogita S, *et al.* SPOT Vegetation Multi-temporal Data for Classifying Vegetation in South Central Asia [J]. *Current Science*, 2003, 84(11): 1440-1448.
- [7] Turner M D, Congalton R G. Classification of Multi-temporal SPOT-XS Satellite Data for Mapping Rice Fields on a West African Floodplain[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, 19(1): 21-41.
- [8] Baret F, Guyot G, Major D J. TSAVI: A Vegetation Index Which Minimizes Soil Brightness Effects on LAI and APAR Estimation[C]//IGARSS'89, 1989, (3): 1355-1358.
- [9] Du Zitao, Zhan Yulin, Wang Changyao. Study on Vegetation-cover Changes Based on NDVI Serial Images [J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2008, 23(2): 47-50. [杜子涛, 占玉林, 王长耀. 基于 NDVI 序列影像的植被覆盖变化研究[J]. *遥感技术与应用*, 2008, 23(2): 47-50.]
- [10] Qi La, Zhao Chunjiang, Li Cunjun, *et al.* Accuracy of Winter Wheat Identification Based on Multi-temporal CBERS-02 Images[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(10): 2201-2208. [齐腊, 赵春江, 李存军, 等. 基于多时相中巴资源卫星影像的冬小麦分类精度[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(10): 2201-2208.]
- [11] Jiang Dong, Wang Naibin, Yang Xiaohuan, *et al.* Principles of the Interaction between NDVI Profile and the Growing Situation of Crops[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(2): 47-252. [江东, 王乃斌, 杨小唤, 等. NDVI 曲线在农作物长势的时序互动规律[J]. *生态学报*, 2002, 22(2): 47-252.]
- [12] Tong Qingxi, Zhang Bing, Zheng Lanfen. Hyperspectral Remote Sensing [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006. [童庆禧, 张兵, 郑兰芬. 高光谱遥感——原理、技术与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.]

Monitoring the Spring Sowing Progress in Beijing with Multi-temporal Landsat TM and “Beijing-1” Micro-satellite Images

QI La^{1,2}, HUANG Wen-jiang², CHEN Ling¹, WANG Ji-hua², WANG Jin-di¹
(1. *School of Geography and Remote Sensing, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;*
2. *National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China*)

Abstract: The normalized distance between the means was firstly calculated, the phenological spectral differences of multi-crop were investigated by the stepwise discriminations analysis method, the decision tree method and the mask technology were employed to monitor the planting areas of spring-sown crops on 28th May and 28th June, using remote sensing images acquired on 26th April, 28th May and 28th June 2007, then the areas in counties were computed with the administrate boundaries, last, the accuracy validations were made based on ground truth interpreting points. The results showed that the classification accuracy on 28th May is 84.5% and that on 28th June is 88.0%. The stepwise discriminations analysis was testified to be more suitable to built classification rule and improve the multi-crop classification accuracy based on multi-temporal images.

Key words: Multi-temporal; The normalized distance between the means; Stepwise discriminations analysis; Spring sown progress