

利用高一中—低分辨率遥感影像的大区域耕地快速监测研究

王力凡, 潘剑君

(南京农业大学, 江苏 南京 210095)

摘要:及时掌握耕地面积信息在农业生产中极为重要。耕地监测的大区域和高精度的双重要求难以统一, 针对这一问题, 提出了高一中—低分辨率遥感影像逐步抽样的方法, 采用种植业区划分区作为均质区进行研究, 提高了大区域耕地面积解译的精度。以山东省为例, 利用 MODIS、CBERS-2B 的 CCD 和 HR 3 种分辨率的影像进行抽样, 并计算不同影像之间的精度系数, 逐层修正解译精度, 最终得到山东省耕地的解译面积, 其结果仅比同年统计数据高出 8.5%, 大大优于中低分辨率影像耕地面积的提取精度。结果表明: 该方法可操作性强, 显著提高了中低分辨率影像耕地面积的提取精度, 同时又满足大区域耕地监测的需求, 可更好地应用于农业生产和相关研究中。

关 键 词: 遥感影像; 耕地; 大区域快速监测; MODIS; CBERS-2B

中图分类号: S11⁺8; TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2011)04-0496-05

1 引 言

遥感技术以其客观、快速、准确的特点被广泛应用于农业生产和研究中。而耕地监测对国民经济、生态环境、水资源利用、农业碳排放等有着重要的意义。然而对于耕地监测, 遥感数据与统计数据往往出入很大, 郭广猛^[1]指出, 通过中国资源环境数据库的遥感数据得出, 1996~2000 年间, 我国耕地面积增加了 160 万 hm^2 , 而国土资源部的统计数据则指出, 我国的耕地面积减少了 179 万 hm^2 , 我国的遥感数据与国土资源部的统计数据获得的耕地面积相差了 300 多万 hm^2 。

高分辨率的遥感影像能够精确地提供耕地数据, 但是覆盖面积小, 解译费时费力, 工作量大, 重访周期长, 不能及时进行监测; 中、低分辨率遥感影像覆盖面积大, 重访周期短, 但是精度却很难达到要求, 造成了数据的不准确。目前, 国内外在较大范围内进行耕地监测并不多, 要获取快速、准确的监测结果, 大多利用不同分辨率的遥感影像, 采用空间抽样的方法进行。王双等^[2]利用 SPOT 5 多光谱影像进行目视解译, 再利用分层抽样的方法, 外推出总体的面积, 从而提取了河

北省三河市中部玉米的种植面积, 并且精度达到了 94%。Buheaosier 等^[3]在日本北海道地区利用 AVHRR、MODIS、ETM+ 和 ASTER 数据计算 NDVI, 提取了阔叶林、芦苇、日本茶等的种植面积, 并对数据进行了比较和分析, 建立相互之间的线性关系。秦元伟等^[4]利用 TM、ETM、CBERS-01 和 CBERS-02 影像数据, 通过 NDVI 和 RVI 对山东省广饶县冬小麦种植面积进行提取, 并建立估产模型。高建峰等^[5]利用 ETM 影像的 NDVI 指数对 MODIS 进行修正, 最终提取了吴江市的水稻种植面积, 并分析其精度比统计数据高出 30%。冯美臣等^[6]利用 TM 影像, 通过 NDVI 指数对 MODIS 进行修正, 提取了山西省临汾市的冬小麦种植面积, 与统计数据相比, 精度可达到 86%~97%。

在前人的研究中, 若采用 QuickBird 这类米级的高分辨率遥感影像, 则研究区域相对较小, 大多为县域内耕地提取或土地利用分类; 若研究区扩大到省域, 则遥感影像的分辨率多为 TM 这类十米级的中分辨率影像, 监测精度有所降低。因此, 学者们始终围绕着监测精度和监测范围进行研究。为了达到大区域与高精度的统一, 本研究中利用了 MODIS、

收稿日期: 2010-11-08; 修订日期: 2011-05-10

基金项目: 由国家信息农业工程技术中心/江苏省信息农业高新技术研究重点实验室的开放课题 (Netcia2011-01) 和国家 863 项目 (2011AA100703) 资助。

作者简介: 王力凡 (1987—), 男, 江苏南京人, 硕士研究生, 主要从事资源遥感研究。E-mail: 2009109004@njau.edu.cn。

通讯作者: 潘剑君 (1959—), 男, 江苏南京人, 博士、教授、博导, 主要从事资源环境与信息技术研究。E-mail: jpan@njau.edu.cn。

CBERS2B-CCD 和 CBERS2B-HR 3 种不同分辨率的遥感影像,采用空间抽样的方法,对高、中、低 3 种分辨率的遥感影像进行抽样,并提取耕地系数,再进行外推,对大区域耕地监测的应用方法进行研究,以进一步提高耕地监测的精度。

2 数据来源与研究区概况

2.1 数据来源

研究中选用了 NASA 提供的 2008 年 4 月 15 日的 500 m 分辨率 MODIS 影像,中国资源卫星应用中心提供的 CBERS-2B 卫星的 CCB 和 HR 影像,空间分辨率分别为 19.5 m 和 2.4 m,并且辅以 Google Earth 中的高分辨率彩色影像。高、中分辨率影像均有地理坐标,并采用 UTM/WGS-84,50N 投影。采用的非遥感数据有国家基础地理信息系统提供的省、地级境界、一、二级河流的矢量数据和《农业区划》的中国种植业区划边界^[7]数据。研究还获取了 2009 年中国农业统计年鉴中山东省耕地面积以进行结果评价。

2.2 研究区概况

研究区为山东省全境,位于 $34^{\circ}22.9' \sim 38^{\circ}24.01'N$ 、 $114^{\circ}47.5' \sim 122^{\circ}42.3'E$ 之间。东部为半岛,突出于黄海、渤海之间。西部为内陆,与冀、豫、皖、苏 4 省接壤。土地总面积 15.67 万 km^2 。全省地

形山地占 15.5%,丘陵占 19.4%,平原占 55.0%。属暖温带季风气候区,四季分明,全省年平均气温在 $11.0 \sim 14.2^{\circ}C$,年平均无霜期为 173~250 d,年平均降水量为 550~950 mm。山东农业历史悠久,耕地面积广阔,是全国耕地率最高的省份,粮食作物、经济作物产量大,农业产量位居全国前列。

3 数据处理方法

3.1 非遥感数据

本研究为了提高耕地监测的精度,选取均质区作为研究对象。为方便研究,我们将均质区定义为自然环境、社会经济相同或相似的地区,在这一区域内可以认为耕地的密度是大致相似的。而我国的农业区划就是根据自然、经济、社会因素所划分的,因此本研究采用我国种植业区划图的分区作为均质区。

首先在 ArcGIS 9.2 中,以 1:400 万的省、地级行政边界的矢量图为底图,根据《农业区划》中提供的中国种植业区划图进行数字化,获得我国种植业分区矢量图,如图 1(图中实线内为一级分区——黄淮海棉麦油、烟果区,虚线为二级分区界线)。可见,除西北和西南部分区域外,山东省基本位于一个种植业二级分区内,即山东丘陵区。因此,为方便实验数据与统计数据的比较,以山东全境的耕地为对象进行研究。

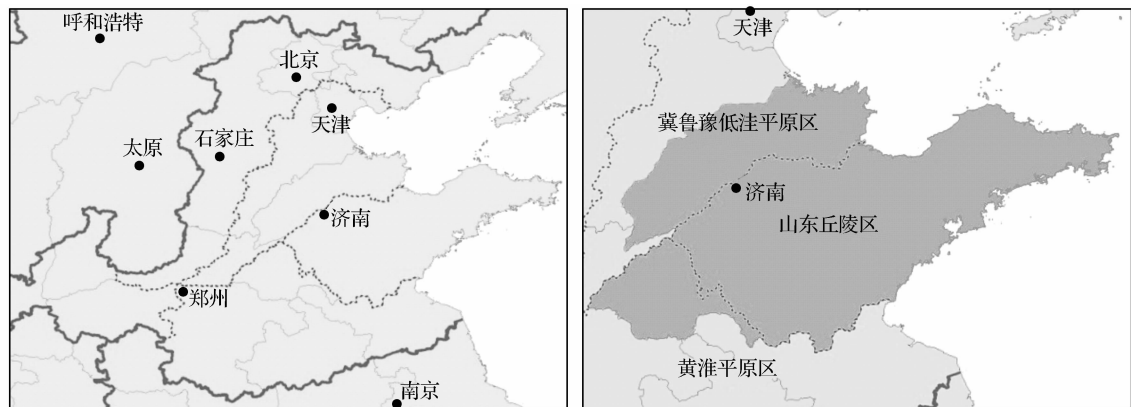


图 1 研究区种植业区划分区矢量图

Fig. 1 The digital map of planting region division in studying area

3.2 MODIS 影像

本研究为了进行耕地监测,需要提取耕地的像元。提取 MODIS 影像中的耕地像元,采用植被指数较为理想,而在中低精度的土地利用研究中,归一化植被指数 NDVI 应用得较为广泛,并且有着较好的效果^[8-10]。为了避免其他植被对耕地提取有较大影响,我们选用了 NASA 提供的 2008 年 4 月 15 日的 MODIS 16 d 合成数据:MOD13A1,即 500 m 空

间分辨率 4 个波段的对地观测数据。经过 ENVI 4.5 软件进行影像的预处理,并且进行植被指数的计算(式 1),获得 NDVI 值,采用阈值分割法进行分类。通过前人的研究资料并利用 Google Earth 软件建立解译标志,判定 NDVI 值在 0.31~0.63 阈值的像元为耕地像元。据此,可根据 NDVI 值将 MODIS 影像像元分为耕地、非耕地、水域 3 类。

$$NDVI_{MODIS} = (B_{NIR} - B_R) / (B_{NIR} + B_R) \quad (1)$$

之后,将分类好的影像加载到 ArcGIS 软件中,以行政边界矢量图为底图,将影像配准到西安 1980 地理坐标系统下。再利用山东省边境矢量图进行裁剪,得到研究区(整个山东省)的 MODIS 影像图和分类图。此时,统计 MODIS 影像中研究区内耕地面积 S_{MODIS} (表 1)。

表 1 MODIS 影像中耕地在研究区内的分布
Table 1 The percentages of farmland in studying areas

土地类型	像元个数	面积/km ²	百分比/%
耕地	169 894	103 363.50	68.94
非耕地	59 152	35 988.07	24.00
水体	17 392	10 581.29	7.06

3.3 CBERS2B-CCD 影像

为避免不同作物种植类型的复杂性对研究结果产生较大的影响,研究中获取了 3 幅时间为 4 月中旬在研究区的区域内均匀分布的、不相互压盖的 CBERS2B 的 CCD 影像。利用 ENVI 4.5 软件对其进行图像预处理,以便于进行地物分类。此时,将处

理好的 CCD 影像加载到 ArcGIS 中,以 MODIS 影像作为底图。经过目视解译,勾绘出耕地地块,进行数字化,软件将会自动生成矢量化的各个耕地地块的面积以及总面积 S_{CCD} 。

以中分辨率样区,即 CCD 影像区域对 MODIS 影像进行裁剪,获得同样样区中 MODIS 影像的分类图,统计该样区中 MODIS 影像耕地像元的个数,再计算样区中 MODIS 源的耕地面积 $S_{低}$ 。通过计算得到 MODIS 与 CBERS2B-CCD 影像之间的耕地系数(式 2)。

$$\eta_{中-低} = S_{CCD} / S_{低} \tag{2}$$

3.4 CBERS2B-HR 影像

由于样区为典型的农作区,其他地物影响较小,目视解译时多根据耕地的像元灰度和纹理特征来建立解译标志,即耕地地块大多具有规则的形状和边界,如遇 HR 影像中较难以区分的地物,则可根据坐标,利用 Google Earth 中提供的空间分辨率较高的彩色影像来辅助分析判断地物类别。

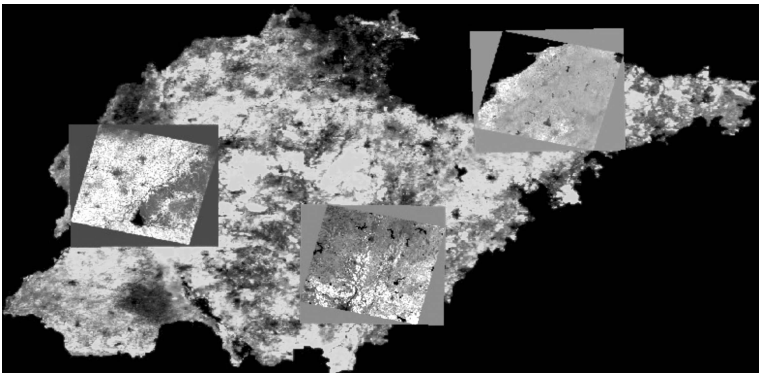


图 2 3 个样区的 CCD 影像图
Fig. 2 CCD images of three sample areas

在一个中分辨率的样区中,选取 3 幅 2008 年的均匀分布、不相互压盖的 CBERS2B 的 HR 影像,以 CCD 影像为底图,直接加载到 ArcGIS 中。在 ArcGIS 中建立地理数据库,以高分辨率的 HR 影像为底图,利用目视解译,对耕地进行数字化,得到耕地地块的总面积 S_{HR} 。

以高分辨率样区,即 HR 影像区域对 CCD 影像进行裁剪,获得同样样区中 CCD 影像的分类图,统计该样区中 CCD 影像耕地的面积 $S_{中}$ 。通过计算得到 CBERS2B-CCD 影像与 CBERS2B-HR 影像之间的耕地系数(式 3)。

$$\eta_{高-中} = S_{HR} / S_{中} \tag{3}$$

3.5 耕地面积提取

最后,按相反的顺序,利用系数 $\eta_{高-中}$ 结合 HR

数据修正 CCD 影像中的耕地数据,得到修正后的 CCD 耕地数据,利用 $\eta_{中-低}$ 结合修正后的 CCD 耕地

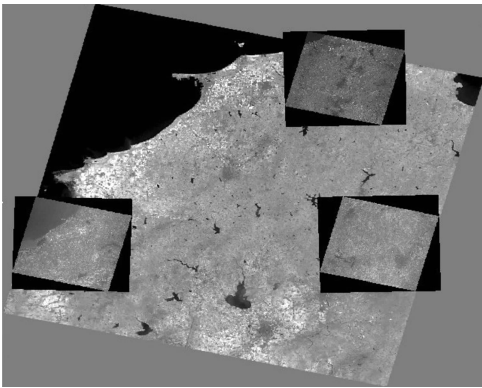


图 3 3 个样本区的 HR 影像图
Fig. 3 HR images of three sample areas

数据修正 MODIS 源的耕地数据,如图 4。这样从高分辨率影像到中分辨率影像,再到低分辨率影像,逐层外推,层层递进,最终获得修正后的 MODIS 源

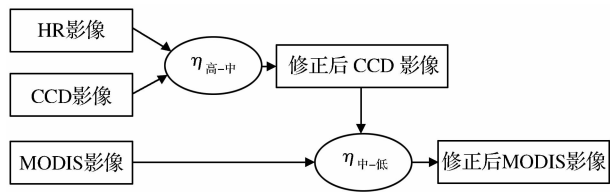


图 4 精度修正流程图

Fig. 4 Flow chart of accuracy correction

表 2 研究区内遥感影像解译面积、修正面积比较

Table 2 Comparison between the area of remote images before and after the correction

	HR 影像/km ²	CCD 影像/km ²	MODIS 影像/km ²	修正系数/%	修正后面积/km ²
高一中分辨率	4 050.99	4 453.64		90.96	
中—低分辨率		26 773.36	30 863.66	86.75	
研究区总体(山东省)			103 363.50	78.91	81 561.86

空间分辨率为 2.4 m 的 HR 影像经过目视解译得到的耕地面积数据,基本可以认为是耕地面积的真实值。相比较,从表 2 中可以发现:研究区内,空间分辨率为 19.5 m 的 CCD 影像得到的耕地面积数据要比真实值高出近 10%,而低分辨率的

耕地数据。

4 结果评价

利用这种空间抽样的方法既能够充分发挥 MODIS 这种低分辨率遥感影像覆盖区域广、重访周期短的特点,也能够充分利用到 CBERS2B-HR 影像这类高分辨率遥感影像空间分辨率高的优势,提高耕地监测的精度。通过计算,得到 3 种分辨率影像耕地解译面积和纠正面积数据,并由各级样本区的数据逐级外推得到整个山东省的耕地面积,详见表 2。

MODIS 影像则要比 CCD 影像高出近 15%。

经过精度修正,可以得到整个山东省修正后的 MODIS 源耕地面积,与原始 MODIS 源耕地面积和 2009 年国家农业统计数据进行比较,结果详见表 3。

表 3 山东省 MODIS 源耕地数据原始值、修正值与统计数据比较

Table 3 Original value, correction value compared with the statistical data in Shandong province

数据类型(百分比)	MODIS 源耕地数据原始值/%	MODIS 源耕地数据修正值/%	统计数据/%
面积	103 363.50 km ²	81 561.86 km ²	75 153 km ²
	137.5%	108.5%	100%

从表 2、表 3 中可以看出,山东省这一传统农区中,虽然耕地都较为完整,具有规模,破碎度较低,但是低分辨率遥感影像由于大量混合像元的存在,使得监测的原始值大大高于其真实值;中分辨率遥感影像虽然在精度上优于低分辨率遥感影像,但也存在 10%左右的精度损失。但从解译效率、时间分辨率等多方面考虑,我国大部分农业遥感数据多采用中、低分辨率遥感数据。本研究中的空间抽样方法,结合 3 种分辨率遥感影像,逐层进行精度的修正,以 HR 影像修正 CCD 影像,再由 CCD 影像修正 MODIS 影像,最终得到修正后的 MODIS 源耕地数据,使得数据精度得到大幅度的提高,与同年份的统计数据相比只高出 8.5%,大大优于以往研究中“遥感数据比统计数据高出 27%左右”^[11]这一结果。实验数据充分表明,该方法能够在较大范围中得以运用,精度损失较小,且具有良好的操作性和可靠性。

5 结 语

本文在研究了国内外遥感耕地监测技术方法的基础上,提出使用高、中、低 3 种分辨率的遥感影像进行耕地抽样监测,利用 NDVI 阈值分割法结合目视解译逐层外推,以提高耕地监测的精度。并以山东省为例,对此方法进行了检验,结果表明,该方法能够大大降低使用中、低分辨率遥感影像解译时,由于大量混合像元的存在所产生的误差,既保证了精度,又有较高的效率,且操作性强,可以满足大范围遥感耕地监测的要求。

然而,此研究中,研究区的耕地较为完整且具有一定规模,破碎度不大,土地利用类型较为单一,若在土地利用类型复杂,耕地破碎度大的地区进行,监测精度可能将会有所降低。本研究在图像解译和进行抽样时,存在一定的误差,并且也有进一步减小误差的

空间。研究中完成的全国种植业分区矢量图,还可用于今后其他不同代表性区域的进一步研究中。在今后研究中,应继续探索有效的方法,不断进行完善,不断提高遥感耕地监测的精度和方法的广泛适用性。

参考文献(References):

- [1] Guo Guangmeng. Discussion of Plantation Area in China and Veracity of RS Data[J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2006, 27(2): 56-59. [郭广猛. 中国的耕地有多少——兼论遥感数据的准确性[J]. 内蒙古农业大学学报, 2006, 27(2): 56-59.]
- [2] Wang Shuang, Zhu Xiufang, Pan Yaozhong, *et al.* Corn Area Estimation by Combining SPOT 5 Image with Sampling Theory[J]. Journal of Remote Sensing, 2009, 13(4): 701-706. [王双, 朱秀芳, 潘耀忠, 等. 基于对地抽样总量控制下的玉米种植面积提取[J]. 遥感学报, 2009, 13(4): 701-706.]
- [3] Buheasier, Tsuchiya K, Kaneko M, *et al.* Comparison of Image Data Acquired with AVHRR, MODIS, ETM+ and AS-TER over Hokkaido, Japan[J]. Advances in Space Research, 2003, 32(11): 2211-2216.
- [4] Qin Yuanwei, Zhao Gengxing, Jiang Shuqian, *et al.* Winter Wheat Yield Estimation based on High and Moderate Resolution Remote Sensing Data at County Level[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(7): 118-123. [秦元伟, 赵庚星, 姜曙千, 等. 基于中高分辨率卫星遥感数据的县域冬小麦估产[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 118-123.]
- [5] Gao Jianfeng, Jiang Xiaosan, Liu Shaogui, *et al.* Monitoring of Paddy Plantation Area on the County-level with ETM-assisted MODIS[J]. Soils, 2008, 40(3): 484-489. [高建峰, 姜小三, 刘绍贵, 等. 辅以 ETM 的 MODIS 水稻种植面积监测研究[J]. 土壤, 2008, 40(3): 484-489.]
- [6] Feng Meichen, Yang Wude, Zhang Dongyan, *et al.* Monitoring Planting Area and Growth Situation of Irrigation-land and Dry-land Winter Wheat based on TM and MODIS Data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(3): 103-109. [冯美臣, 杨武德, 张东彦, 等. 基于 TM 和 MODIS 数据的水旱地冬小麦面积提取和长势监测[J]. 农业工程学报, 2009, 25(3): 103-109.]
- [7] Liu Shukai. Agricultural Regionalization[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1990. [刘书楷. 农业区划[M]. 北京: 中国农业出版社, 1990.]
- [8] Cheng Qian, Huang Jingfeng, Wang Renchao. Preliminary Analysis of Difference between MODIS and NOAA/AVHRR Vegetation Indices[J]. Bulletin of Science and Technology, 2005, 21(2): 205-209. [程乾, 黄敬峰, 王人潮. MODIS 和 NOAA/AVHRR 植被指数差异初步分析[J]. 科技通报, 2005, 21(2): 205-209.]
- [9] Xiao X M, Stephen B A, Steve F A, *et al.* Mapping Paddy Rice Agriculture in South and Southeast Asia Using Multi-temporal MODIS Images[J]. Remote Sensing of Environment, 2006, 1(15): 95-113.
- [10] Qi La, Huang Wenjiang, Chen Ling, *et al.* Monitoring the Spring Sowing Progress in Beijing with Multi-temporal Landsat TM and "Beijing-1" Micro-satellite Images[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2010, 25(3): 328-333. [齐腊, 黄文江, 陈玲, 等. 基于多时相 TM 和北京一号卫星影像的春播进度遥感监测[J]. 遥感技术与应用, 2010, 25(3): 328-333.]
- [11] Liu J Y, Liu M L, Tian H Q, *et al.* Spatial and Temporal Patterns of China's Cropland during 1990-2000: An Analysis based on Landsat TM Data[J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 98(4): 442-456.

Study on Rapid Monitoring Wide Range of Cultivated Land Using High-Medium-Low Resolution of Remote Sensing Images

WANG Li-fan, PAN Jian-jun

(Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Grasping the information of cultivated area in time is extremely important to agricultural production. It's extremely hard to monitor a wide range of cultivated land with high-precision. To solve this problem, this paper provides the solution of monitoring a wide range of cultivated land with high-precision, which is sampling the high-resolution, mid-resolution, and low-resolution of remote sensing images step by step, and using farming division as homogeneous area. Take Shangdong province for example, we take the use of MODIS images, CBERS-2B CCD and HR images to sample, calculate the accuracy among different images, and correct accuracy step by step. At last the cultivated area of Shangdong province is calculated, and the data is only 8.5% higher than statistical data in the same year. The result indicates that the method is in good operation, raise the accuracy, and also satisfies the demand of monitoring a wide range of cultivated land. Therefore, it can be well used in agriculture production and research.

Key words: Remote sensing images; Cultivated land; Rapid monitoring; MODIS; CBERS-2B