

基于尺度转换提高 MODIS 影像 耕地解译精度的研究 ——以苏北平原为例

李 占 胜, 潘 剑 君

(南京农业大学资源与环境科学学院, 江苏 南京 210095)

摘要:耕地面积的提取具有重要的现实和研究意义。提出一种基于多层尺度转换的方法, 获得尺度之间的精度系数, 以提高大尺度遥感影像耕地面积解译的精度。以苏北平原为例, 利用该方法, 以 MODIS 和中巴资源卫星(CBERS)影像为数据, 以抽样统计的方法计算了 3 种尺度之间的耕地面积之间的系数, 逐层推进, 最终得出大尺度影像 MODIS 与地面真实耕地面积的统计系数, 修正 MODIS 影像的解译面积。结果表明: 该方法具有良好的操作性, 显著提高 MODIS 影像耕地面积的提取精度, 可以运用于大区域耕地面积的提取。

关 键 词:耕地面积; 尺度推进; MODIS; CBERS

中图分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2010)02-0240-05

1 引 言

在土地利用/覆盖研究中, 耕地面积以及在此基础上的相关的种植面积, 在各种研究和生态模型中, 具有重要意义。在相关研究方法中, 卫星遥感在真实性、宏观性, 以及时效性具有无法比拟的优势。但是在各种大小尺度的遥感影像利用中, 其中精度与尺度的矛盾一直存在, 在耕地面积的遥感统计方面尤为明显。以当前使用的 1:10 万比例尺的土地利用数据为例: 首先由于遥感解译基于 TM/ETM 影像, 大范围的图像解译工作量大, 成本很高, 更新速度缓慢。其次, 相关土地利用变化研究中, 研究结果与相关部门的统计结果差异巨大。这又是因为在 TM/ETM 30 m 分辨率的空间尺度必然产生土地利用复杂地区的解译误差。

随着遥感技术的进步, 各种空间尺度的遥感数据不断出现。首先是高分辨率遥感卫星的发展, 最著名的 Quickbird 卫星全色波段分辨率为 0.61 m, 多光谱波段分辨率为 2.44 m。高分辨率影像的发展, 基本可以解决因为遥感像元的尺度所带来的解译误差, 大大提高耕地解译精度。在大尺度的遥感

影像方面, MODIS 数据最大分辨率提高为 250 m, 高于 NOVA 影像 1 000 m 分辨率, 两颗卫星每天过境 4 次, 并且面向全球免费发放。MODIS 数据的发布, 可以实现土地利用/覆盖快速监测, 可以解决耕地面积解译中速度和尺度的问题。

同时, 代表中尺度分辨率的中巴资源卫星(CBERS)也备受关注, 多光谱 CCD 影像分辨率是 19.5 m, 优于 30 m 的 TM/ETM, 波段设置上与 TM 影像相近, 同时提供 2.36 m 全色波段, CBERS 影像完全可以替代美国陆地资源卫星, 进行土地利用的研究与应用。

如何充分利用不同分辨率尺度影像之间互补的优势, 在解译精度、速度、经济成本上取得最大优势。20 世纪 70 年代末开展的尺度研究, 为该问题的解决提供了新的思路。利用尺度转换进行遥感信息的提取, 获得精度和尺度的双重优势, 前人做了大量的研究^[1-3]。在利用新型数据源和尺度研究, 进行耕地和相关的研究也多处于探索阶段^[4-6]。

本文提出, 以抽样统计为基础的尺度转换来获得从小尺度影像到大尺度影像的精度扩展, 从而实现大尺度遥感信息的面积准确提取方法。文章以

MODIS 影像, CBERS-02B 的 HR 影像和 CCD 影像, 以及新兴的 Google Earth 图像为例对 3 个尺度的遥感数据, 以苏北平原为例进行尺度转换研究, 进而使用尺度推进提高耕地面积的精度, 对方法的精度和可行性进行验证, 从而为耕地面积的提取提供更简便的思路方法。

2 方法研究

2.1 方法的理论基础

高分辨率的遥感数据影像能更好地反映陆面信息, 但高分辨率影像有时又过高地反映了地表真实情况, 使得研究对象太复杂而失去了宏观特征, 降低了解译速率。大尺度的影像在范围和周期上具有明显的优势, 减少了遥感中间处理的环节, 提高了遥感解译的速度。但是除过水域外, 混合像元的绝对存在, 使得大尺度影像的精度面临巨大挑战。尺度转换就是为了有效整合不同分辨率数据以达到最高效的利用, 为了提高大尺度遥感影像的精度, 就需要把小尺度和中尺度的遥感影像空间分辨率的信息, 扩展到大尺度的遥感影像, 最终实现遥感精度的尺度扩展^[7,8]。

遥感是一个获得像元区域地表平均辐射信号的过程, 这种信号的均一化处理掩盖了亚像元的变化信息^[9], 尤其是随着分辨率的降低、尺度的增大、像元内的地表混合程度加剧。这种地表异质性地分布的复杂性, 使得遥感影像的像元与地表地物的对应关系变的异常复杂。尺度转换的核心问题就在于定量地表述地表异质性所带来的像元值变化和伴随的遥感信息的变化。

为了降低大尺度影像的空间地表异质性, 本文提出了均质区的概念, 它以气候、地形、耕作制度的相同或相近为原则, 依据区域在大尺度影像上表现出相似性所划分的不同区域, 单个的这样一个区域就是一个均质区。在一个均质区就可以认为, 在中尺度上, 因为相同的地形、种植制度、耕地管理, 因为农区道路、沟渠、田埂所造成的混合像元的误差是相似的。在大尺度影像上, 乡村、城镇的布局相似, 在相同单个像元值的像元区域内, 亚像元的类型的分布和复杂程度是相似的, 这样就降低了因为范围太大的影像上“异物同谱”的概率。也就减少了尺度扩大带来的地表异质性所造成的总体复杂程度。

因为均质区地表异质性的相似性, 在一个区域内再选取研究区, 在这个研究区抽样统计的方法对这种地表异质性进行统计, 然后计算不同尺度之间

的所要提取的遥感信息的差异, 表现为精度系数。这个统计取得系数就可以代表在相邻尺度之间均质区地表异质性所带来的所有误差。这就实现了从小尺度到中尺度再到大尺度影像误差的定量计算, 实现了精度的尺度上移。

2.2 方法的可操作性

尺度转换的思路在具体实现上分 4 个步骤。

(1) 均质区的划分

均质区的选取在于确定精度系数的适用范围。依据均质区的概念, 在大尺度的遥感影像上依据影像特征和均质区的划分原则, 选取均质区。然后在大均质区中选择出一个可以代表该均质区地貌特性, 耕地分布特征, 城乡布局特征的样本区。

(2) 高分辨率影像到中尺度 CCD 影像的耕地精度系数

使用分布采样的方法, 从划定的样本再选取若干代表性区域, 使用目视解译的方法, 解译小尺度的高分辨率影像, 所选取的地方应当充分代表该区域农区耕地的分布特征。再对应高分辨率影像相同区域的中尺度影像, 根据影像特征, 提取耕地面积。计算两者之间耕地面积的尺度系数。

(3) 中尺度 CCD 影像对大尺度影像的耕地精度系数

使用分布采样的方法, 以大尺度影像为准, 在大尺度影像上提取出耕地图斑, 计算像元相对应区域中尺度 CCD 影像耕地百分比。再次计算两者之间的耕地尺度系数。

(4) 使用精度系数校正大尺度影像耕地面积

使用采样获取的两个系数, 就在该均质区建立了大尺度影像到准确值之间的转换系数, 从而实现大尺度影像大区域的耕地面积统计。

这样一方面保证最大限度的降低空间异质性的误差, 又可以实现校正系数快速准确的获取。本文以 MODIS、CBERS-02B 和 Google Earth 图像为数据源, 对于苏北平原区域进行耕地面积的提取, 对该研究方法进行验证。

3 数据来源和研究区概况

3.1 数据来源

中巴地球资源卫星 CBERS-02B 数据由中国资源卫星应用中心提供, 多光谱 CCD 影像成像时间是 2008 年 4 月 10 日, 共有 5 个波段, 空间分辨率为 19.5 m。全色波段影像 HR 成像时间 2008 年 10 月 6 日, 空间分辨率为 2.36 m。CCD 影像成像质量非

常理想,HR 影像质量为良好。CBERS-02B 数据依据 1:50 000 地形图进行几何校正,误差在 0.5 个像元之内,并利用 6S 大气校正模型进行大气校正。

MODIS 数据是从美国 NASA 网站上下载的,研究选取的是 2008 年 4 月 11 日的 1B 级数据集:MYD02QKM,即 250 m 分辨率的对地观测数据两个波段和 MYD02HKM;即 500 m 分辨率的对地观测数据总共 7 个波段。使用软件 ENVI4.5 对 MODIS 数据进行预处理。

Google Earth 研究区影像为 QuickBird 影像,影像为图片性质,进行了与 HR 影像的配准。所有获得的影像投影方式通用横轴墨卡托 UTM,地理坐标为 WGS84,中央经线 117°。格式为 UTM/WGS-84,50 N。

3.2 研究区概况

在 MYD02HKM 数据集 500 m 像元分辨率 1、2、7 波段伪彩色图像上,影像上不同区域表现出明显的不同。为了进行方法试验,参考气候和地形,耕作制度,选择采样分布区。本文选取的均质区为白线方框选区。

样本区位于江苏省东北部连云港市,海州区和东海县之间的平原地带,面积为 452.3 km²,位于 34°07′~35°08′N,118°24′~119°55′E。气候类型为湿润的季风气候。自然条件优越,耕地面积广大,典型的平原农业区。

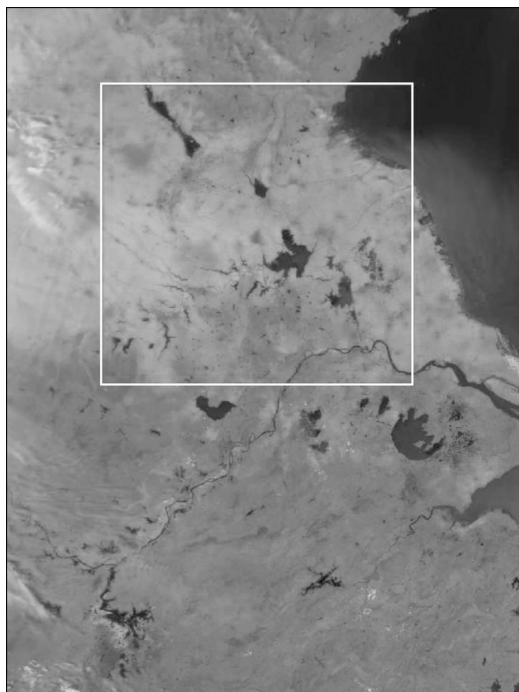


图 1 均质区分布图

Fig. 1 The distribution of Homogeneous area

4 实例结果与评价

4.1 HR 影像与 CCD 影像尺度之间耕地面积的误差和耕地系数

以 CBERS-02B 的 HR 全色融合影像和 Google Earth 的影像为基础,选取数个区域进行人工目视解译。总共矢量化的 5 个区域均匀分散在平原区,各个区域都包含各种土地利用类型,对应的 CBERS-02B 的 HR 全色波段像元来计算总共约 1.7×10^6 个像元,相应的 CCD 像元数目为 26 280,每个区域平均面积为 1.8 km²。为了提高高分辨率影像的目视解译精度,Google Earth 的影像作为矢量勾画的本底草图,由 HR 影像和多光谱影像的 SFIM 融合影像,目视解译具体的土地类型。本文将图像分为 4 个类别,建筑用地(包括道路)、耕地、水体和未分土地,未分土地用于囊括所有无法分类的琐碎土地。

植被指数掩膜作为专家决策分类体系中一个重要方法,被广泛应用于土地利用/覆盖分类研究与变化监测,前人进行了大量的研究取得了很多的应用成果^[10,11]。本文选择应用最广泛的归一化植被指数 NDVI 对耕地进行提取。

将处理后的 CBERS-02B 多光谱数据,通过 6S 大气校正获得反射率数据,进行归一化植被指数 (NDVI)运算。

为了避免耕地种植耕作类型的复杂性,文章选取了 4 月上旬的数据使用 NDVI 阈值分割的方法提取耕地。经过反复试验和目视判读选定了 0.31 这个阈值,提取出试验区的耕地图斑。

以矢量化的样本区为边界,对多波段影像提取出的耕地像元在 HR 影像矢量图像的分布进行统计。统计结果见表 1。

从表 1 可以得出,在两个不同像元分辨率的尺度上,由于混合像元的存在,HR 高分辨率影像上与耕地在空间分布紧密的一些像元如:农田之间的小路、水沟、渠道,还有耕地之间的田埂,在 19.5 m 的 CCD 影像的混合像元被划为耕地。这部分像元面积在目视解译的矢量图上,则表现为未分土地,还有极少部分是与水体、建筑用地相邻的耕地被因为混合像元而被分为相应类型。这些区域虽然琐碎,但是总体上占了中尺度遥感图像耕地统计面积的 20.32% 左右,这与以往的研究 27% 结果相似^[12]。表示在真实值和以 CBERS-02B 的 CCD 影像为代表的这一影像尺度之间的面积有 20.32% 的误差,可以计算出,两个尺度间的耕地系数即为 79.63%。

表 1 CBERS-02B 影像的耕地在样本区的分布

Table 1 The percentages of farmland in vector sample areas

土地类型	第一样本区/%	第二样本区/%	第三样本区/%	第四样本区/%	第五样本区/%
水体	0.09	0.63	0.46	0.69	1.31
耕地	84.04	75.11	73.02	82.96	70.15
建筑用地	1.11	0.00	3.04	2.27	3.51
未分土地	14.75	24.26	23.48	14.09	25.03

4.2 CBERS 影像多光谱耕地面积与 MODIS 影像的尺度关系

MODIS 影像的像元,去除大范围的水域,绝对都是混合像元,从图像上可以看出,因为混合像元的存在,在伪彩色 1、2、7 合成影像上,除了水域,主要表现出 3 种颜色,代表以城镇用地为主的混合像元,以耕地为主的混合像元,以山地为主的混合像元。均质区域内外的主要颜色明显不同,可以显著地区分。

为了计算耕地系数,需要提取出耕地混合像元,使用 250 m 像元分辨率的图像,使用 NDVI 阈值的方法,可以有效去除其它两种类型的混合像元,提取出 MODIS 影像的耕地像元。

在 CBERS-02B 的多光谱影像上,计算在 MODIS 影像像元区域中,标记为耕地像元的所占整个像元区域总数的百分比。

随机选取了 100 个 MODIS 耕地像元,包含的 CCD 像元数目为 16 400,总面积为 6.25 km²,统计每个 MODIS 像元范围内计算耕地图像百分比,统计结果的平均数值即为 MODIS 影像和 CBERS 的 CCD 影像之间耕地系数:52.40%。从 CBERS 影像 19.5 m 像元到 MODIS 250 m 像元,因为混合像元的存在,两者之间解译的耕地面积的差异是惊人的。计算出的耕地系数为 52.40%意味着,在以苏北平原为代表性地区的均质区,大尺度的 MODIS 250 m 分辨率的影像提取出的耕地像元,只有 52.40%的面积在 19.5 m 分辨率的影像上也属于耕地。

4.3 MODIS 影像的耕地系数

Google Earth 图像为 QuickBird 影像,基于该目视底图的 CBERS-02B 全色波段的目视解译基本可以认为是真实值。

从大尺度到中尺度再到现实的小尺度,基于抽样统计尺度转换的方法计算的均质区的耕地面积,在该地区 MODIS 影像耕地面积到真实值的转换系数即为上述两个尺度的耕地系数的累积,即为 41.73%。

4.4 结果评价

首先,直接对样本区的 CCD 影像和 MODIS 影像耕地进行解译,然后分别计算出尺度转换处理后的耕

地面积。比较不同尺度造成的耕地面积差异,然后对耕地面积进行尺度转换修正,进一步比较尺度转换对耕地精度的影响和贡献。计算结果见表 2。

表 2 样本区遥感影像耕地面积修正前后的比较

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

尺度层次	CBERS-CCD 影像	MYD02QKM
	(19.5 m)	(250 m)
图像解译的面积/km ²	127.09	232.06
19.5 m 尺度的面积/km ²	127.09	121.60
精度修正后的面积/km ²	101.20	96.83

从表中可以看出,因为混合像元的存在,在该样本区,直接使用 MODIS 影像解译出的耕地面积比中巴多光谱影像解译的面积大了将近一倍,经过尺度转换处理后,从 MODIS 影像提取的耕地面积与 CCD 的影像提取的面积十分接近。利用高分辨率的影像,对 CBERS-CCD 影像解译的耕地面积进行了校正,这样使得耕地面积更为真实的表现。数据充分说明,以均质区为基础用尺度转换提高大尺度影像解译精度的方法,操作可行,结果可信。

5 结 语

本文提出了基于均质区,利用尺度转换的方法来提高大尺度影像解译精度的具体理论和实现方法。在实例中,在划分均质区后,采用抽样统计的方法,在利用 Google Earth 影像中,目视解译 CBERS-02B 高分辨率全色影像,以专家决策分类的植被掩膜法处理 CBERS 的多光谱影像和 MODIS 影像,计算不同尺度之间的误差系数。在对中尺度的资源卫星的解译结果进行纠正的同时,实现了大尺度影像耕地解译面积的精度校正,结果显示该方法具有良好的操作性和可靠性。

本文提出的均值区概念,是本文方法的理论基础,是在抽样统计方法中起总体作用的。作为一个概括、抽象的区域性概念,区域特征在 MODIS 影像上会表现的更为突出,如图 1 所示。作为方法性研究,本

文只是粗略地划定了以苏北地区为代表的平原均值区范围,对于其它复杂的地区以或更大范围研究涉及需要划定多个均值区时,如何准确划定均质区的准确范围有待深入研究。同时样本区的选择,如何更好设定样本区,减少主观选择样本区带来的误差,增加均值区特征的代表性,则需要更多的试验。

参考文献:

- [1] Zhang Wanchang, Zhong Shan, Hu Shaoying. Spatial Scale Transferring Study on Leaf Area Index Derived from Remotely Sensed Data in the Heihe River Basin, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(6): 2047-2503. [张万昌, 钟山, 胡少英. 黑河流域叶面积指数(LAI)空间尺度转换[J]. *生态学报*, 2008, 28(6): 2047-2503.]
- [2] Mayaux P, Lambin E F. Estimation of Tropical Forest Area from Coarse Spatial Resolution Data: A Two-step Correction Function for Proportional Errors Due to Spatial Aggregation[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1995, 53(1): 1-15.
- [3] Kang Qing, Zhang Zengxiang, Zhao Xiaoli. A Regional Scale Soil Classification Approach Based on MODIS Data[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2007, 22(6): 690-695. [亢庆, 张增祥, 赵晓丽. 基于 MODIS 产品的区域土壤遥感分类研究——以新疆为例[J]. *遥感技术与应用*, 2007, 22(6): 690-695.]
- [4] Fang H J, Wu B F, Liu H Y, *et al.* Using NOAA AVHRR and Landsat TM to Estimate Rice Area Year-by-year[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, 19(3): 521-525.
- [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] Liu Yonghong, Niu Zheng. Regional Land Cover Image Classification and Accuracy Evaluation Using MODIS Data[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2004, 19(4): 217-224. [刘勇洪, 牛铮. 基于 MODIS 遥感数据的宏观土地覆盖特征分类方法与精度分析研究[J]. *遥感技术与应用*, 2004, 19(4): 217-224.]
- [7] Wu J G. Landscape Ecology-concepts and Theories[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, 19(1): 42-52.
- [8] Wu J G. Landscape Ecology, Pattern, Size and Scale[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [9] Xue Qi, Kuang Gangyao, Li Zhiyong. Endmember Extraction Algorithms from Hyperspectral Image Based on the Linear Mixing[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2004, 19(3): 197-201. [薛琦, 匡纲要, 李智勇. 基于线性混合模型的高光谱图像端元提取[J]. *遥感技术与应用*, 2004, 19(3): 197-201.]
- [10] Gao X, Hu Ete A R. Validation of MODIS Land Surface Reflectance and Vegetation Indices with Multi-scale High Spatial Resolution Data[J]. *Geosciences and Remote Sensing Symposium*, 2002, (2): 533-535.
- [11] Ma Li, Xu Xin'gang, Liu Liangyun, *et al.* Study on Crops Classification Based on Multi-temporal NDVI and Characteristic Bands[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2008, 23(5): 520-524. [马丽, 徐新刚, 刘良云, 等. 基于多时相 NDVI 及特征波段的作物分类研究[J]. *遥感技术与应用*, 2008, 23(5): 520-524.]
- [12] 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: 442-457.

The Cultivated Land Extraction from MODIS Image Based on Scale Advance

——A Case Study of Northern of Jiangsu Province

LI Zhan-sheng, PAN Jian-jun

(College of Resource and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The extraction of cultivated area has great practical and research significance. In this paper, a method of the scale transformation to extract farmland by using different pixel size satellite remote images is presented. Take the northern of Jiangsu plain for example, the proportion coefficient between the cultivated area in three scales, which is MODIS(250 m) image, CCD(19.5 m) and HR (2.36 m) of CBERS-02B, that is computed by sampling statistics method to increase the area accuracy. The coefficient of sample areas in this paper between MODIS images and truly area is 41.7%. At last the farmland area of MODIS image is calculated in this method and compared with the normal result. The experimental result indicated that this method has the good operationality and raise the accuracy, that may carry on the large range cultivated area the extraction.

Key words: Cultivated area; Scale advances; MODIS; CBERS