

EOS/MODIS 数据在广西甘蔗种植信息 提取及面积估算的应用

谭宗琨^{1,2} 吴良林^{1,3} 丁美花² 杨 鑫²
欧钊荣² 何 燕² 匡昭敏²

(1. 广西师范学院资环学院, 南宁 530001; 2. 广西区气象减灾研究所;
3. 中山大学地理科学与规划学院)

提 要: 通过计算广西区域多时相 MODIS-NDVI 值, 结合 GPS 选定甘蔗样本训练区多时相 NDVI 值变化曲线, 以及甘蔗生长周期长达 8 个月至 1 年以上, 蔗糖生产期间甘蔗面积逐渐递减的特性, 采用最大似然法提取非样本训练区甘蔗种植信息, 最终实现广西区域的甘蔗种植空间分布遥感信息的提取。经对遥感影像图甘蔗连片种植区域、零散点种植区与 GPS 实地定位调查比较, 结果表明广西区域甘蔗种植信息遥感监测与实况相符。在此基础上, 对广西区域甘蔗种植面积估算面积进行初步统计, 精度达到 90% 以上。

关键词: MODIS 甘蔗种植 信息提取 面积统计

Study on the Extraction of Sugar-cane Planting Areas from EOS/MODIS Data

Tan Zongkun^{1,2} Wu Lianglin^{1,3} Ding Meihua² Yang Xing²
Ou Zhaorong² He Yan² Kuang Zhaomin²

(1. Guangxi Normal University, Nanning 530021;
2. Guangxi Institute of Meteorology; 3. Sun Yatsen University)

Abstract: An automatic approach was presented to extract the sugar-cane planting area for the mixed vegetation and hilly region in Guangxi province by using the moderate spatial and high temporal resolution MODIS data. The samples of a training region were selected by GPS and the temporal variation curve of NDVI was worked out. The maximum likelihood method was used to

基金项目: 国家 863 计划(2001AA115360)、中国气象局新技术推广项目(CMATG2006M42)和广西资源与环境信息系统重点学科项目资助

收稿日期: 2006 年 12 月 26 日; 修定稿日期: 2007 年 9 月 10 日

extract the information of sugar-cane planting area and its spatial distribution through calculating the multiple phase MODIS-NDVI. The comparison of results from remote sensing images with the investigations by GPS shows that the sugar-cane planting area can be extracted from MODIS data, and the accuracy is more than 90%.

Key Words: MODIS sugar-cane planting information extraction planting areas statistics

引 言

蔗糖业是广西的支柱产业。进入 21 世纪初以来广西蔗糖年产量接近全国食糖产量的 60%。及时、准确地监测广西甘蔗种植信息,对国家有关部门制订食糖进出口计划和制订国内食糖贸易相关政策等,特别是制糖企业根据监测信息来指导和安排生产都有着十分重要的意义。长期以来,由于受到缺乏有效的监测手段、方法的影响,各地甘蔗种植情况,如甘蔗种植空间分布、面积、长势等信息,尤其是重大气象灾害,如干旱、霜冻或冰冻等灾害性天气发生时,甘蔗受灾程度及其空间分布情况等信息的获取一直沿用传统的调查、上报、汇总等方式进行,即信息的获取主要是通过当地糖业主管部门或制糖企业的技术人员,以及农村基层技术干部、联络员等到通过实地调查,逐级上报、汇总等方法实现。传统的监测方法不仅消耗大量的人力、物力、财力,而且由于各地技术人员,尤其是基层农业干部、联络员的知识、工作经验积累等方面的差异,无论在甘蔗种植空间的识别、还是种植面积的统计、长势好坏的比较等方面,与实际情况相比都会存在一定的差异。自 1990 年代后期至 21 世纪初,广西蔗糖产业由地势相对平坦、农业技术水平相对较高的桂东南地区逐渐地向地形复杂、田块零星分布及耕作技术参差不齐的西部、北部山区发展,进一步增加了对甘蔗种植的空间分布、面积估算及长势比较等信息掌握的难度。与此同时,我国加入 WTO 后,国际大量廉价食

糖大量涌入国内市场已成为必然趋势,客观上要求政府相关部门和食糖生产企业必须及时了解国内、国际食糖生产动态,以便采取相应的措施,保护国内食糖生产。因此,能否应用客观、定量、便捷、快速的卫星遥感资料开展甘蔗种植信息的监测已成为广西、乃至国内有关蔗糖生产主管部门和企业共同关注的问题之一。

事实上,利用卫星遥感监测农作物种植信息技术已经在国内外得到了广泛的应用^[1-8]。韩素芹等^[1]运用最大似然法判别准则对图像进行分类,监测天津市冬小麦种植面积误差约为 10%。贾建华等^[2]利用多时相 MODIS 资料,结合 DEM 数据提取北京冬小麦种植面积,精度达到 90% 以上。王秀云等^[3]利用 MODIS 监测河北省 2004—2005 年冬小麦种植面积,精度达 96.8%。程乾等^[4]以浙江省为例,考虑南方丘陵山区,水稻种植易受坡度影响的特性,从数字高程模型中提取坡度信息,考虑到 MODIS 能提供多时相及丰富的数据,采用 DEM 产生的坡度和两个时相 MODIS 影像数据及植被指数复合提取水稻种植面积,经过比较试验证明,在南方丘陵山区的复杂地形区域,多源信息复合相对于单纯利用单景影像数据可以明显提高水稻种植面积估算的精度。贾金明等^[5]结合定点观测资料,利用 NOAA/AVHRR 资料动态监测小区域冬小麦长势,结果与实况基本相符。Mukthy^[6]分别利用最大似然法和神经网络法提取小麦面积,结果发现神经网络法优于最大似然法。Kontoes 等^[7]把 GIS 和遥感影像的有关知识相结合提取农作物的种植面

积,比单纯利用图像分类器精度提高 13%。研究表明,多时相、多光谱遥感数据在农作物种植信息的检测中有十分明显的技术优势和重要的应用潜力。考虑到广西地形复杂、地表植被种类繁多、天气状况多变等因素,拟利用价格/应用比低、获取方便的多时相 EOS/MODIS 遥感资料开展广西甘蔗种植信息提取及面积估算研究,以便为广西蔗糖业持续发展提供参考。

1 资料来源及处理

1.1 遥感资料的选取

2004 年 12 月至 2005 年 12 月 EOS/MODIS 遥感资料来源于广西气象部门的 DVBS 系统(数字视频广播系统)自行接受的遥感数据,2002 年 10 月至 2004 年 11 月资料来源于广州卫星地面站、国家卫星气象中心等。在已获取 2002 年 10 月至 2005 年 12 月的 EOS/MODIS 资料基础上,选取广西区域晴空影像图作为研究对象。

1.2 甘蔗样本训练区的选择

不同蔗区由于气候条件、种植习惯、水肥管理等因素的差异,甘蔗的发育进程及长势会存在一定的差异。为了确保研究的代表性,利用手持 GPS 分别在广西的横县、贵港市、来宾市、田东县、崇左市的扶绥县等甘蔗主产区定位圈选具有一定种植面积,而且比较纯净的甘蔗种植区若干个作为甘蔗遥感监测训练样本区。

表 1 基于 GPS 的广西甘蔗遥感监测训练样本区的选择及面积估算

地点	面积/hm ²
来宾市迁江农场	644.6
来宾市桥巩镇	898.3
横县良圻农场	213.8
贵港市港北区新塘镇	303.3
田东县林逢镇	733.7
扶绥县渠黎镇	56.4

1.3 资料处理方法

EOS/MODIS 数据经过太阳高度角订正、投影变换和辐射校正后,叠加广西 1:25 万基础地理数据,在 GIS 支持下进行严格的配准,确保配准误差小于 0.5 个像元。在此基础上,叠加甘蔗样本训练区的 GPS 定位矢量图层。选取对应 MODIS 的近红外波段(0.84~0.87 μm)和红光波段(0.62~0.67 μm),分别计算历年各月晴空下的 MODIS 遥感影像图中样本训练区甘蔗的归一化植被指数(Normalized Vegetation Indices):

$$I_{\text{NDV}} = \frac{\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{R}}}{\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{R}}} \quad (1)$$

式中 ρ_{NIR} 和 ρ_{R} 分别为近红外波段和红光波段反射率。

2 结果与分析

2.1 甘蔗样本训练区 I_{NDV} 周年变化特征

由于受到天气复杂多变等因素的影响,在 2002 年 10 月至 2005 年 12 月广西区域的 EOS/MODIS 遥感资料中,只有来宾、贵港、横县等 3 个甘蔗样本训练区的 2005 年 7、8、9、10、11、12 月多月连续晴空的 MODIS 遥感资料,其余年份的样本训练区均没有多月连续晴空资料。为此,在统计历年各月甘蔗样本训练的 I_{NDV} 值的基础上,以 2005 年 7—12 月连月有晴空资料的 I_{NDV} 值的序列构建甘蔗周年生长植被指数变化曲线,以揭示广西不同蔗区甘蔗在各生长发育阶段的光谱特征。从来宾、贵港、横县 3 个甘蔗样本训练区 I_{NDV} 值的变化趋势看(详细见图 1),不同季节甘蔗的 I_{NDV} 值变化十分明显,即使同一季节,不同样本训练区由于甘蔗长势不同,其 I_{NDV} 值也存在一定的差异。但各样本区的甘蔗光谱特征的月变化趋势具有高度一致性。

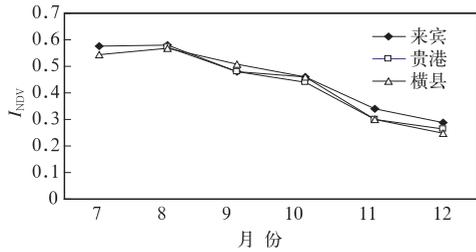


图 1 甘蔗样本训练区的 I_{NDV} 值变化曲线

2.2 非甘蔗样本训练区甘蔗种植空间分布信息的提取

非甘蔗样本训练区甘蔗遥感信息的识别是实现区域甘蔗种植空间分布遥感监测和面积统计的关键。

甘蔗是一年生宿根的热带和亚热带经济作物。与水稻(早、晚稻)和玉米、大豆等粮食作物生长期仅 3~4 个月不同,甘蔗生长周期长达 8 个月至 1 年以上。在秋末冬初至第二年春季期间,广西大宗绿色农作物以甘

蔗为主。其次,在蔗糖生产过程(常年 11 月中旬至第二年 4 月中旬)中,企业为了确保甘蔗的新鲜度,尽可能地减少因甘蔗砍、收后堆放时间过长而导致蔗糖分含量下降现象的发生,在生产调度上往往遵循随砍、随收、随运、随压榨的原则。因此,各地的甘蔗面积是随着榨季的延伸而呈逐渐递减的趋势。这一生产的特性,又使得甘蔗的空间分布有别于多年生的荔枝、龙眼等热带、亚热带及其他森林植被的空间分布。因此,在统计广西区域多时相 I_{NDV} 值的基础上,结合已建立的各甘蔗样本训练区 I_{NDV} 值变化曲线,采用最大似然法为主的传统单像元识别分类的基本方法,逐月提取与已知甘蔗样本区的植被指数值和光谱特征值相近的遥感信息,即可逐一剔除阶段性同谱异物(技术流程见图 2),最终实现广西区域的甘蔗种植空间分布遥感信息的提取。具体如下:

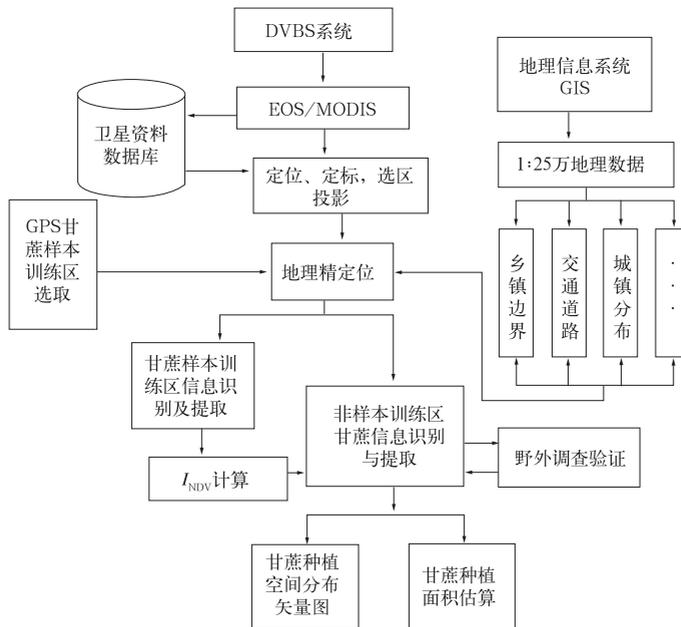


图 2 甘蔗遥感信息识别及甘蔗信息提取流程

(1) 根据甘蔗发育期顺序,在计算广西区域月 I_{NDV} 时,与同月份的甘蔗样本训练区 I_{NDV} 值相近的空间信息即保留,并形成矢量

图层、保存。
(2) 在计算广西区域临近月份的 I_{NDV} 前,将上一个月形成的矢量图层叠加在遥感影像

图中,把非矢量图层的信息赋予 0 值后,计算矢量图层中覆盖区域的 I_{NDV} 值。在此基础上,再对照甘蔗样本训练区的甘蔗 I_{NDV} 值,与甘蔗样本训练区的甘蔗 I_{NDV} 值相近的空间信息即保留,重新形成新的矢量图层、保存。

(3) 逐月重复步骤(2),直至新的矢量图层与上一个月的矢量图层完全重合。至此,该矢量图层即为广西区域的甘蔗种植空间分布。

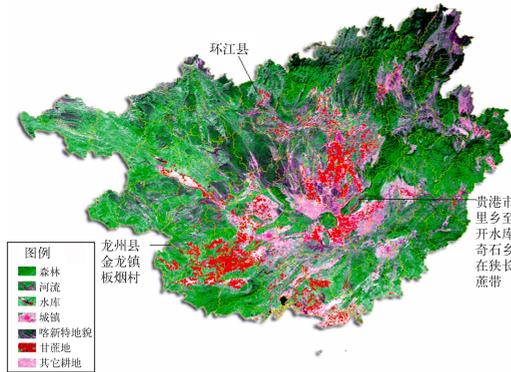


图 3 2005 年 EOS/MODIS 广西甘蔗种植空间分布遥感监测示意图

2.3 甘蔗种植 EOS/MODIS 遥感监测真实性检验及分析

为了检验非样本训练区甘蔗种植的真实程度,在获取广西甘蔗种植空间分布遥感监测矢量图基础上,对广西甘蔗种植空间分布遥感影像图中的甘蔗集中连片区域和零散点开展了实地调查。

其中甘蔗连片实地调查验证选取了环江县水源镇、洛阳镇。广西环江县地处桂西北,冬季易受霜冻、冰冻等灾害性天气影响,加上该县以喀斯特地貌、高山和丘陵山地为主,交通十分不便,历年甘蔗种植面积不足 2000hm²。根据农业部门资料统计,1999 年出现严重霜冻、冰冻天气后,该县一度停止糖料蔗种植。但应用 2004、2005、2006 年连续 3 年 EOS/MODIS 遥感资料监测,发现该县甘蔗种植面积接近 6700hm²。利用 GPS 进行实地考察和咨询糖业主管部门,结果发现甘蔗实际种

植面积近 1 万公顷。经咨询,该县之所以恢复甘蔗种植,并出现大规模扩种现象,主要原因是近年来国内蔗糖价格一直持续升高,而原制糖企业所属蔗区随着东蚕西移,出现蚕、蔗争地现象严重,甘蔗种植面积锐减,进一步迫使甘蔗种植向西、向北发展所至。

广西甘蔗种植空间分布遥感影像图中的零散像元点的调查分别选择典型喀斯特地貌的罗城县龙岸镇天宝自然村及龙州县金龙镇板烟村等。野外实况调查结果表明,罗城县龙岸镇天宝自然村、龙州县金龙镇板烟村甘蔗零星种植区域面积分别为 3.15hm² 和 2.89hm²。由此可见,连片种植不足 3.33hm² 的甘蔗也能在遥感影像图中得到很好地反演。

值得指出的是,在遥感影像图中发现贵港市里乡至达开水库的奇石乡存在狭长甘蔗带。咨询企业和当地政府均答复该区域无甘蔗种植。但实际调查结果表明,遥感监测与实况相符。导致当地政府无法了解该区域甘蔗种植情况的主要原因是该区域除水路外,无任何途径可接近该甘蔗种植区。由此可见,应用多时相 EOS/MODIS 卫星资料可以在地形复杂、地表植被种类繁多的南方实现甘蔗等大宗农作物种植空间分布信息的提取。

2.4 基于 EOS/MODIS 遥感资料甘蔗种植面积遥感估算

在获取区域甘蔗种植分布信息的基础上,通过统计遥感影像图中甘蔗像元个数与像元面积(62500m²)的乘积,以获取任意区域甘蔗种植面积。

从总体看,甘蔗种植区域地势相对平坦的地市,遥感监测面积与官方统计面积差异较小,以丘陵山区为主的地市,遥感监测面积明显比官方数据偏小。就全广西区域而言,遥感监测面积与自治区农业厅、自治区经济贸易委员会估计面积误差在 2.99%~8.80%之间。

表 2 基于 EOS/MODIS 数据广西 2005 年甘蔗种植面积估算及官方统计面积比较

甘蔗区域	遥感监测面积/hm ²	农业厅统计面积/hm ²	相对误差/%	经贸委统计面积/hm ²	相对误差/%
南宁市	119213	123126	3.18	125333	4.88
崇左市	200800	160706	24.95	210213	4.48
防城港	19533	22354	12.62	24967	21.76
钦州市	38700	31783	21.76	33853	14.32
北海市	27180	25200	7.85	28260	3.82
来宾市	165787	133053	24.6	125000	32.31
柳州市	76633	78980	2.9	88813	8.79
河池市	29380	44653	32.40	78.78	44.07
百色市	34140	53826	36.57	54546	37.42
全区	816667	750533	8.8	792973	2.99

3 问题讨论

计算、比较广西区域多时相 I_{NDV} 值和 GPS 选定甘蔗样本训练区多时相 I_{NDV} 值变化曲线,结合甘蔗生长周期长达 8 个月至 1 年以上,秋末冬初至第二年春季广西大宗绿色农作物以甘蔗为主,以及蔗糖生产期间甘蔗面积逐渐递减的特性,采取最大似然法可以在地形复杂、地表植被种类繁多的南方实现甘蔗等大宗农作物种植空间分布信息的提取及面积估算。但实地调查也表明,不同种植区域甘蔗遥感监测结果与官方统计数字存在一定差异,一方面是由于划分若干行政区域时,导致甘蔗种植像元归属的偏离,其次是广西部分蔗区种植在丘陵地带,对于丘陵或地势起伏较大的蔗区,甘蔗种植面积的估算比实际偏少;而地势相对平坦的蔗区,甘蔗种植相对单一的蔗区甘蔗遥感监测面积与官方统计数据差异较小,但地表植物种类繁杂的区域,遥感监测面积则比实际面积偏大。因此,能否将地理基础数据——坡度信息引入遥感监测产品中,以及混合像元的合理分解仍是提高甘蔗遥感监测精度的关键。此外,在广西各地甘蔗主产区、市中,甘蔗生长旺季正值各地主汛期,天气复杂多变,难以获取大范围晴空资料,一幅覆盖县、市、区的晴空资料往往需要若干天资料,甚至长达一个月的

遥感资料合并才能得到。因此,如何解决天气气候特点、生长发育以及卫星过境时轨道漂移等差异给遥感监测结果真实性带来的影响也是今后重点关注的问题之一。

参考文献

- [1] 韩素芹,刘淑梅. EOS/MODIS 卫星资料在监测冬小麦面积中的应用[C]. 新世纪气象科技创新与大气发展. 北京:气象出版社,2003. 298-300.
- [2] 贾建华,刘良云,竟霞,等. 基于多时相 MODIS 监测冬小麦的种植面积[J]. 遥感信息,2005,6:49-51.
- [3] 王云秀,张文宗,姚树然,等. 利用 MODIS 数据监测河北省冬小麦种植信息[J]. 遥感技术与应用,2006,21(2):149-153.
- [4] 程乾,王人潮. 数字高程模型和多时相 MODIS 数据复合的水稻种植面积遥感估算方法研究[J]. 农业工程学报,2005,21(5):89-92.
- [5] 贾金明,王运行,王树文,等. 用 NOAA/AVHRR 资料动态监测小区域冬小麦长势[J]. 气象,2005,31(10):79-82.
- [6] Murthy C S, Raju P V, Badrinath K V S Classification of Wheat Crop with Multi-temporal Images: Performance of Maximum Likelihood and Artificial Neural Networks [J]. Int J Remote Sensing, 2003, 24(23):4871-4890.
- [7] Kontoes C, Wilkinson G G, Burrell A, et al. An Experimental System for the Integration of GIS Data in Knowledge Based Image Analysis for Remote Sensing of Agriculture [J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1993, 7(3):247-262.
- [8] 张春桂. 用 MODIS 植被指数研究福州城区空间扩展变化[J]. 气象,2006,32(10):20-26.