

基于多光谱遥感的撂荒地识别方法研究

程维芳^{1,2}, 周艺^{1*}, 王世新¹, 韩昱^{1,2}, 王福涛^{1,2}, 浦青阳³

1. 中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室, 北京 100101

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049

3. 北京钢铁学院附属中学, 北京 100083

摘要 耕地撂荒严重影响了我国的粮食产量, 成为中国近 20 年来耕地利用过程中出现的又一重大问题。多光谱遥感具有数据获取范围广、速度快等特点, 在国土资源研究中具有非常大的优势和潜力。为了提取撂荒地, 文章采用多光谱遥感数据 Modis/Terra 2000 年—2009 年的 NDVI 数据产品和日本 ALOS 卫星遥感影像数据, 利用时间序列 NDVI 来表征主要土地利用类型的生命周期特征, 对各土地利用类型采样点生成的 NDVI 时间序列曲线, 结合各类型的生长周期特征及其对应的 NDVI 特征, 进行对比分析, 从而识别撂荒地, 并区分耕地撂荒与轮休。最后通过野外考察开展实地验证, 结果表明应用多光谱遥感的方法能够很好的提取撂荒地, 并区分主要土地覆盖类型, 正确率高达 90%。因此多光谱遥感在撂荒地识别研究中具有相当的可行性。

关键词 撂荒地; 多光谱遥感; NDVI; 时间序列; 生命周期

中图分类号: TP79 文献标识码: A DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2011)061615-06

引言

中国人多地少, 人均占有耕地水平低, 耕地的保有与粮食安全紧密联系在一起。耕地撂荒会严重影响到粮食产量。中国耕地撂荒现象最早出现于 20 世纪 80 年代的中后期, 90 年代以后日趋严重^[1,2]。耕地撂荒越来越引起重视, 在我国, 耕地闲置一年以上, 不能创造价值, 就成为撂荒地。

耕地资源处于严重的恶性循环之中, 一方面扩大耕地面积开垦荒地势在必行, 一方面因种种原因又在退耕撂荒。因此, 开展撂荒地调查对确保我国 18 亿亩耕地国家战略的实施有着重大的意义^[3-5]。

多光谱遥感是利用多光谱扫描系统或多光谱摄影系统通过从可见光到热红外不同的狭窄波段区感应能量, 分别获得地物在不同波段上影像的遥感技术。多光谱遥感不仅可以依据影像的形态和结构的差异判别地物, 还可以根据光谱特性的差异识别地物的具体情况, 扩大了遥感的信息量^[6]。从诞生之日起, 就以其具有的数据获取周期短、速度快、范围广和手段多等优点, 在国土资源研究中发挥重要的作用, 受到世界各国的极大关注。

中国科学院与国土资源部开展了多期的土地利用遥感调查。但在这些遥感调查中撂荒地作为耕地资源没有进行进一步划分, 难以区分耕地轮休和撂荒^[7,9]。因此, 根据粮食作物生命周期来识别撂荒地的多光谱遥感技术亟待发展。

本文以广东省惠州市、汕尾市为例, 结合多光谱遥感技术的优势, 利用 MODIS 卫星的 normalized difference vegetation index (NDVI) 数据产品, 研究基于农作物生命周期的撂荒地识别方法。通过分析采样点的 NDVI 时间序列曲线, 与主要土地利用类型的生命周期特征匹配, 从而识别撂荒地, 同时区分耕地撂荒与轮休。

1 研究区域概况和使用数据

广东是我国的农业大省, 广东农业在全国农业中占有重要地位, 它肩负着为全国经济发展最快的粤港澳地区提供优质粮食农产品的任务。改革开放以来, 广东省是我国经济发展速度最快的省份之一。但是随着农业种植结构的改变, 农民更倾向于种植经济型作物, 粮食产量下降。同时经济的快速发展还吸引了大量农村人口涌入城市务工经商, 加速了小城镇建设速度, 扩大城镇范围, 使得耕地大量减少, 也使耕

收稿日期: 2010-07-15; 修订日期: 2010-09-30

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-YW-NF-06), 国家科技支撑计划项目(2008BAH31B03)资助

作者简介: 程维芳, 女, 1986年生, 中国科学院遥感应用研究所硕士研究生 e-mail: cwffang@163.com

* 通讯联系人 e-mail: zhouyi@irsa.ac.cn

地出现大量的撂荒现象, 严重影响到广东省的粮食产量。因此研究区域选择了广东省惠州市和汕尾市。惠州和汕尾地处广东省耕地的主要分布地区即广东西部和珠江三角洲。两地气候属于亚热带季风气候区, 常年雨量充沛, 阳光充足, 水利条件好, 稻田密集, 以双季稻为主。春播较早, 秋收迟, 稻作季节较长。早稻生长期为 3 月中上旬到 6 月中下旬。晚稻生长期为 7 月中上旬到 10 月中下旬。除双季外, 还有水稻与甘蔗、草莓、玉米复种。两地全年气候适宜, 有利于复种, 而且复种有利于土壤恢复地力。

本文采用的遥感数据包括 Modis/Terra 2000—2009 年的 NDVI 数据, 该数据时间间隔为 16 d, 影像空间分辨率为 $250\text{ m} \times 250\text{ m}$; 2008 年 11 月和 2009 年 2 月日本 ALOS 卫星的全色高分辨率数据(分辨率为 2.5 m) 和多光谱数据(分辨率为 10 m)。

2 研究方法

任何事物都有其生长发育的特征, 经时间积累, 就形成了其固有的生命周期特征。这一特征不随表征其特征参量的变化而变化。

多光谱遥感中的 NDVI 是表征地表植被特征的重要指标^[10], 它也是进行大、中尺度土地覆被分类的依据。归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI) 被定义为近红外波段与可见光红波段数值之差和这两个波段数值之和的比值, 即 $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$ ^[11]。目前, NDVI 指数是应用最为广泛的植被指数, 研究者可以通过分析各种土地覆被的 NDVI 指数随着时间变化形式的不同来实现土地覆被的分类和作物的物候分析等^[12]。NDVI 的时间变化曲线可反映季节和人为活动的变化^[11]。利用时间序列 NDVI 特征来表现农作物的生命周期特征, 能够实现定量的反演农作物生长历程, 了解其发生发展的过程, 从而实现撂荒地的识别。

在本文中, 选择 10 年 NDVI 数据, 对主要土地利用类型采样点形成 NDVI 时间序列曲线, 结合各类型的生长周期特征, 对曲线进行特征分析, 再经过比较, 同时考虑耕地撂荒的条件, 从而识别撂荒地, 同时区分耕地撂荒与轮休。

结合实地调查和高分辨率影像, 按类型选定采样点。读取 MODIS 图像上采样点的 NDVI 值。每个采样点, 形成时间序列数据, 对其做平滑处理, 据此绘制时间序列曲线, 分析曲线的特征, 将其与撂荒地的生命周期特征进行比较, 从而判定是否为撂荒地。最后通过野外实地考察, 验证识别效果。本研究技术流程如图 1 所示。

2.1 采样点 NDVI 值提取

不同土地覆被类型的 NDVI 值变化很大。对于陆地表面主要覆盖而言, 云、水、雪在可见光波段比近红外波段有较高的反射作用, 因而其 NDVI 值为负值; 岩石、裸地在两波段有相似的反射作用, 因而其 NDVI 值近于 0; 而在有植被覆盖的情况下, NDVI 为正值, 且随植被覆盖度的增大而增大^[11]。不同地物 NDVI 值差别明显, 混合象元 NDVI 值变化很大。所以, 采样点应尽量选择纯象元。

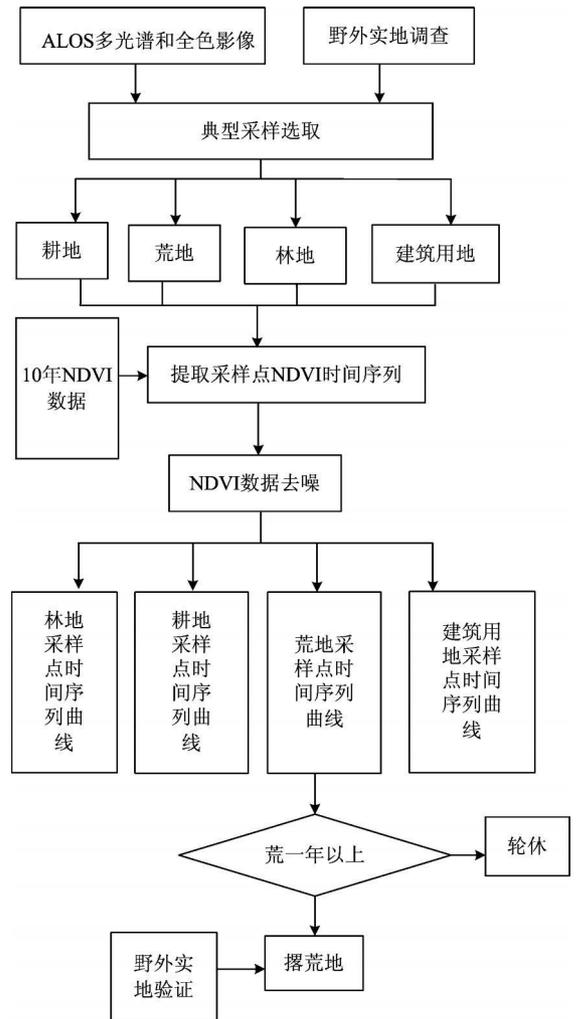


Fig. 1 The technique flow chart

通过野外调查和对 ALOS 影像的初步分析, 选取采样点 205 个, 其中耕地点 100 个、荒地点 55 个、林草地点 25 个、建筑用地点 25 个。

根据地理坐标, 提取采样点在不同时期的 NDVI 值, 据此绘制各点的 NDVI 时间序列曲线。研究区域中地物分布繁多, 单一作物面积小, 湖泊多而小, 为尽量减少混合象元的影响, 在提取采样点 NDVI 值时直接选择最邻近象元的值, 而非均值。

2.2 NDVI 时间序列数据平滑方法

NDVI 经比值处理, 可以部分消除与太阳高度角、卫星观测角、地形、云/阴影和大气条件有关的辐照度条件变化(大气程辐射)等的影响^[11]。但是噪声影响仍然很大。高斯平滑对随机噪声的平滑效率很高, 而且能保持原数据的本身特征。本文选择了高斯平滑法对数据进行平滑处理。

每个采样点的时间序列数据是一维时间数据, 高斯平滑法对一维数据的处理, 就是在某点邻域内做加权平均处理。对邻域内各点赋予不同权值以及邻域范围设置不同都会影响平滑的效率^[13]。本文设计了 3 个高斯模板, 分别对采样做平滑处理。

模板分别为[1 7 1], [1 4 7 4 1], [1 2 3 4 3 2 1]。这3个模板中心点所占权重从高到低,所选邻域范围从小到大。

通过比较原始曲线图和平滑后的曲线图(图2(a)和(b)),可见高斯平滑能够消除最主要的噪声,且不丢失重要的信息,曲线能够体现季节性和周期性。

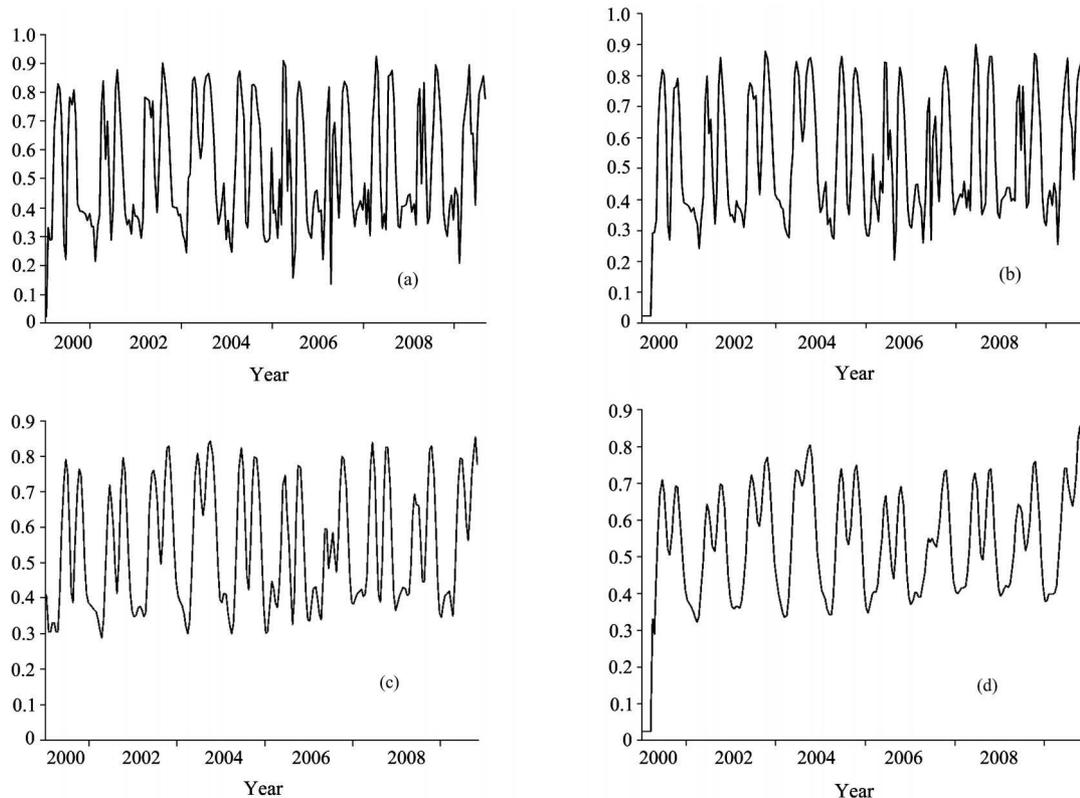


Fig 2 Original curve and its results after de noising by different Gaussian templates

(a): The original curve of farmland; (b): The result of the template of [1 7 1];

(c): The result of the template of [1 4 7 4 1]; (d): The result of the template of [1 2 3 4 3 2 1]

3 结果分析与讨论

4类采样点的时间序列数据经高斯平滑后,绘制出时间序列曲线,得到典型的耕地、林地、建筑地、荒地采样点的时间序列曲线。

在时间序列曲线图中,横坐标表示时间推移,纵坐标表示NDVI值。NDVI值越高表示植被覆盖度越高,作物生长越茂盛。如图3所示。

图3(a)中,曲线的NDVI值整体较高。每一年中,曲线大致3月出现低谷,6月出现高峰,8月再次低谷,10月再次高峰。这说明该处一年中有两次耕种,分别在6月和10月逐渐成熟,而且两种农作物茂盛程度相同,生长特征一致。这与广东省双季水稻的季节特性相符。另外,图中除了2006年和2008年之外,其余年份都存在双峰的特性,而这2年都是前半年NDVI值大幅降低,说明没有种植作物,而是荒芜了,但是仅仅维持了半年,属于轮休。因此,此处10年都种植双季水稻,没有撂荒。

逐一比较各图,从曲线的光滑度和连续性,可以得到模板[1 2 3 4 3 2 1]平滑力度最大。但是比较图2(a)和(d),不难发现,图2(d)中曲线整体下降了0.1左右,这在很大程度上影响了耕地NDVI时间序列曲线的特征。为了平衡平滑力度和有效信息保持率,本文选择了模板[1 4 7 4 1]。

有一个低谷,夏季过后NDVI值逐渐上升到达峰值。说明该作物是春季开始生长,夏季逐渐繁茂,而且整体植被覆盖度高,这与林地的生长特性相符,同时10年内都是林地。

图3(c)中,曲线NDVI值较低,同时曲线在每年的夏季出现了波峰。理论上,建筑用地的NDVI值在一年中是不变的,但是在实际的采样点采集的时候,很难得到大面积的纯建筑用地点,总是包含零星植被。此曲线表现的仍然是建筑用地的季节变化情况。2008年出现了NDVI最高值,说明此时植被生长异常茂盛,可能是人为活动导致。

图3(d)中,在前4年中,曲线与图3(a)一致,保持有水稻的双峰特性,但是从2004年开始,NDVI值下降,双峰消失,只有小的波峰,曲线形态近似于图3(c),且NDVI值仅略高于图3(c)。说明此地没有再耕种水稻了,而是长有零星植被荒芜了。这种情况维持了6年,该地已经满足了撂荒的条件,成为撂荒地。

基于以上分析比较,可以得出,耕地的NDVI时间序列曲线特征为:取值范围在0.3~0.85,曲线光滑,有明显双峰。

林地的NDVI时间序列曲线特征为:取值范围在0.4~

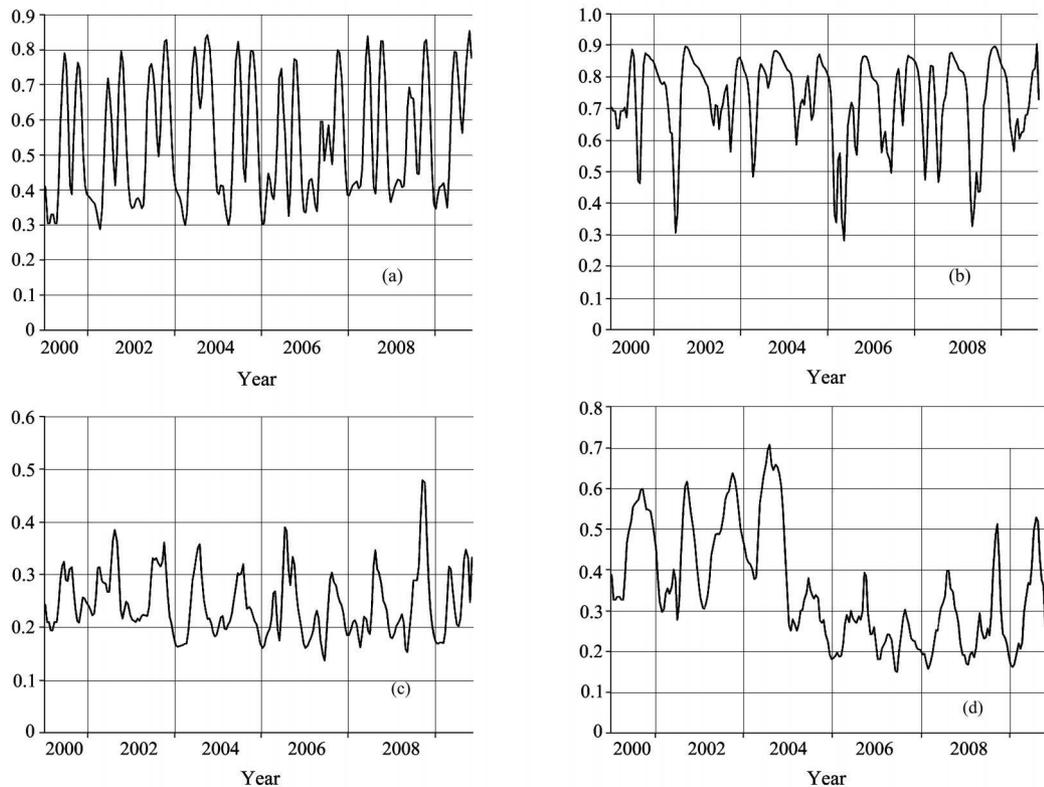


Fig 3 NDVI time series curves of four kinds of samples

(a): The NDVI time series curve of farmland sample; (b): The NDVI time series curve of forest sample;
 (c): The NDVI time series curve of building lot sample; (d): The NDVI time series curve of wasteland sample

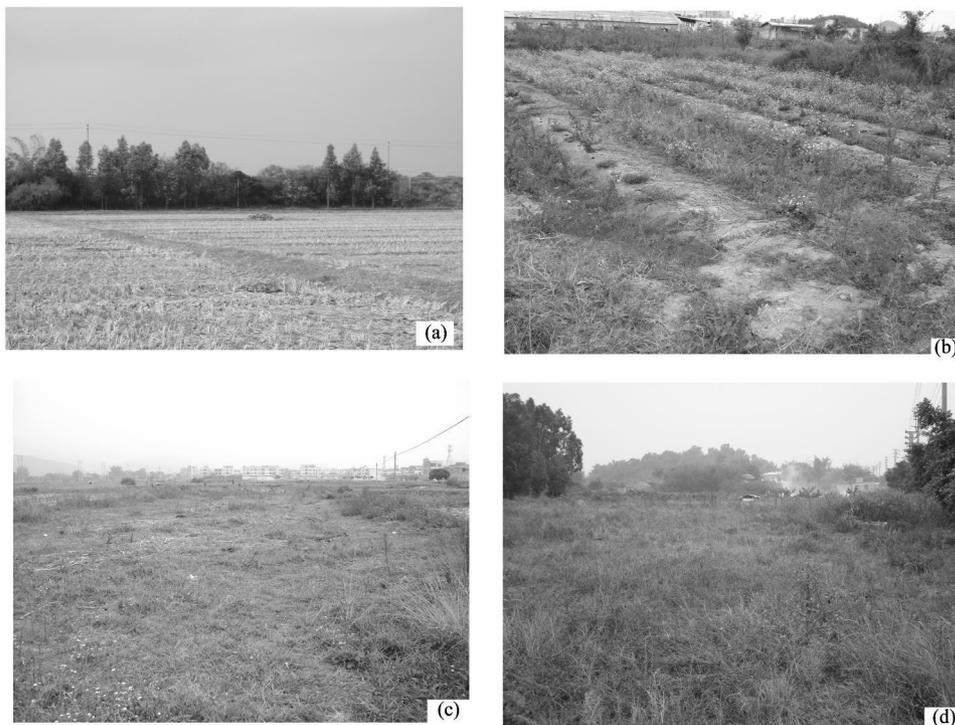


Fig 4 Pictures of samples (photo at Feb 1, 2010)

(a): Paddy field; (b): Farmland in recovery; (c): Farmland abandoned for 1 year;
 (d): Farmland abandoned for years

0.9, 曲线较光滑, 有明显的波谷。

有零星植被的建筑用地的 NDVI 时间序列曲线的特征为: 取值范围是 0.15~0.4, 曲线较不光滑, 存在波峰。

撂荒地的 NDVI 时间序列曲线特征为: 取值范围 0.2~0.6, 曲线较不光滑, 存在波峰。且这一特征必须维持一年以上, 不然, 则是耕地轮休。

对图 3 中的 4 个采样点进行实地考察验证, 结果表明此 4 点实际情况与分析结果一致。图 4 为实地考察过程中的几个典型的采样点的照片, 分别为收割的水稻田、轮休期的耕地、1 年的荒地、多年的撂荒地。

Table 1 Result of the investigation

用地类型	采样个数	验证正确采样个数	正确率 / %
农田(水稻等)	100	92	92
荒地	55	50	90.9
磷地	25	23	92
建筑地	25	22	88

同时对所有采样点进行考察验证, 从表 1 可以得出, 考察结果与通过时间序列 NDVI 特征识别的结果大致相同。其中农田、林地具有最高的识别正确率, 达到了 92%, 撂荒地的识别正确率也很令人满意, 达到 90.9%, 建筑用地的识别正确率稍低, 但也在合理范围内, 这与建筑用地总是掺杂零星植被, 而掺杂植被的类型, 多少都存在一些不确定性有关。

4 结论与展望

多光谱遥感具有数据获取速度快、范围广、手段多的优

势, 根据多光谱数据光谱特性的差异判别地物, 能够大大提高的土地覆被分类的精度, MODIS 卫星的高时间分辨率, 能够纵向了解地物的生长周期特征。结合这些特点, 本文通过时间序列 NDVI 特征来反映农作物的生长情况, 实现了定量反演农作物的生长历程, 从而识别撂荒地, 同时区分轮休与撂荒。实地考察验证说明, 该方法在试验区区内达到了非常高的精度, 取得了理想的效果, 有推广价值。

当然, 在本试验研究过程中及以后的大范围推广应用, 还存在以下问题需要进一步的研究和解决:

(1) 多光谱遥感影像空间分辨率问题: 使用的 MODIS 数据获取周期短, 但空间分辨率较低, 采样点本身不是纯象元, 造成 NDVI 值误差较大, 时间序列曲线在更好地体现地物本身的周期性和季节性方面还存在很大的提升空间。

(2) 遥感影像获取的时间同实地考察的时间不完全相同的问题: 受制于多光谱高分影像获取周期较长且易受天气影响等原因, 在实验研究过程中部分使用了 2008 年 11 月的数据, 由于实地验证是在 2010 年 2 月, 这样导致了某些采样点的选择与判断出现较大的误差, 影响了整体的精度。

(3) 推广到全国范围内还存在地形地貌, 物候, 物种方面的不一致问题: 本实验区多为平地丘陵, 气候属于亚热带季风气候, 耕地以水田为主。而我全国其他区域在地形、地貌、物候和物种方面的差异性将会严重影响该方法模型的直接推广应用, 因此需要认真考虑到不同区域的差异情况, 从特征物选取、识别目标解译、实地验证改进等方面不断完善本方法的具体内容, 逐步提高其在不同区域应用的适用性和精度。

References

- [1] LIU Chengwu, LI Xiubin(刘成武, 李秀彬). Acta Geographica Sinica(地理学报), 2006, 61(2): 139.
- [2] ZHU Yirchun, HONG Shirqi(朱胤椿, 洪世奇). Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry(青海农林科技), 1991, (3): 11.
- [3] DAI Quarhou, LIU Guobin, XUE Jie, et al(戴全厚, 刘国彬, 薛 蕙, 等). Guizhou Agriculture Sciences(贵州农业科技), 2008, 63(4): 1390.
- [4] TAN Shukui(谭术魁). China Land Science(中国土地科学), 2003, 17(6): 3.
- [5] ZHANG Feng, QIAO Lipeng, ZHANG Guiping, et al(张 峰, 乔利鹏, 张桂萍, 等). Journal of Shanxi University • Natural Science Edition(山西大学学报 • 自然科学版), 2007, 30(2): 290.
- [6] TONG Qingxi, ZHANG Bing(童庆禧, 张 兵). Hyperspectral Remote Sensing and It's Multidisciplinary Applications(高光谱遥感的多学科应用). Beijing: Publishing House of Electronics Industry(北京: 电子工业出版社), 2006.
- [7] ZHANG Guoping, LIU Jiuyuan, ZHANG Zengxiang(张国平, 刘纪远, 张增祥). Acta Geographica Sinica(地理学报), 2003, 58(3): 323.
- [8] FU Zeqiang, CAI Yurong, YANG Youxiao, et al(傅泽强, 蔡运龙, 杨友孝, 等). Journal of Natural Resources(自然资源学报), 2001, 16(4): 313.
- [9] CHEN Youqi(陈佑启). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(农业工程学报), 2000, 16(6): 29.
- [10] LI Jialin, LIU Chuang(李加林, 刘 闯). Geography and GeoInformation Science(地理与地理信息科学), 2005, 21(3): 30.
- [11] ZHAO Yingshi(赵英时). Theory and Method of Remote Sensing Application and Analysis(遥感应用分析原理与方法). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 2003.
- [12] WANG Quarfang, LI Jirong(汪权方, 李家永). Resources and Environment in the Yangtze Basin(长江流域资源与环境), 2008, 17

(6): 866.

- [13] Kenneth R Castleman. Digital Image Processing Second Edition(数字图像处理第 2 版). Translated by RUAN Qiu qi(阮秋奇, 译). Beijing: Publishing House of Electronics Industry(北京: 电子工业出版社), 2007.

Study on the Method of Recognizing Abandoned Farmlands Based on Multispectral Remote Sensing

CHENG Wei fang^{1,2}, ZHOU Yi^{*}, WANG Shi xin¹, HAN Yu^{1,2}, WANG Fu tao^{1,2}, PU Qing yang³

1. The State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China
2. Graduate University of Chinese Academy of sciences, Beijing 100049, China
3. The Affiliated High School of the Institute of Steel and Iron Beijing, Beijing 100083

Abstract Being abandoned for farmland seriously affected China's grain output for farmlands. It has become an important phenomenon over the past 20 years in China. Multispectral remote sensing has the advantage of wide range and high speed in requiring data. It has great potential in the research on land use. Therefore, to extract abandoned farmland in China, the authors' used the NDVI data of Modis/Terra from 2000 to 2009 which is one of multispectral remote sensing data and the Remote Sensing Image of ALOS satellite in Japan. The authors' used the parameter of NDVI of time series to describe the character of the main land use types. After drawing the time series curves of the main land use type samples, the authors' analyzed them with consulting the life character of these types. Then, the authors' compared these curves; finally we recognized abandoned farmland from the others. At last the authors' went to experimental plot to survey the land use. The results demonstrated that the method of using multispectral remote sensing data can abstract abandoned farmland and classify the main kind of land use, and the accuracy is as high as 90%. So the method is feasible in recognizing abandoned farmland.

Keywords Abandoned farmland; Multispectral remote sensing; NDVI; Time series; Life cycle

(Received Jul. 15, 2010; accepted Sep. 30, 2010)

* Corresponding author