

基于 MODIS 数据设计的中国土地覆盖分类系统与应用研究

刘勇洪¹, 牛 铮², 徐永明³, 王长耀², 李贵才⁴

(1. 北京市气象局气候中心, 北京 100089; 2. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101;
3. 南京信息工程大学中美合作遥感中心, 南京 210044; 4. 国家卫星气象中心, 北京 100081)

摘 要: 该文阐述了国内外主要土地覆盖分类系统及其土地覆盖产品在中国的表现, 依据中国植被编码体系在 MODIS 数据试验的基础上, 对现有国内土地覆盖分类系统进行了重新设计, 包括 7 大类 22 个二级类别, 并利用 2001~2002 年 MODIS 1km 时间序列 *NDVI* 数据和多波段反射率光谱数据对中国区域进行了土地覆盖分类, 结果显示分类产品能较为准确地描述中国区域土地覆盖的实际情况。

关键词: 土地覆盖; 分类系统; MODIS 1km 遥感制图

中图分类号: TP75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6819(2006)05-0099-06

刘勇洪, 牛 铮, 徐永明, 等. 基于 MODIS 数据设计的中国土地覆盖分类系统与应用研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 99-104.

Liu Yonghong, Niu Zheng, Xu Yongming, et al. Design of land cover classification system for China and its application based on MODIS data[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(5): 99-104. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

在土地覆盖及其变化的研究中, 土地覆盖类别的划分是基础性和关键性的一个环节。在遥感对地观测技术的发展中, 研究者发现土地利用分类系统和植被分类系统不能很好地用于遥感土地分类研究, 如不同的土地利用类型或植被类型在遥感影像上难于区分, 由此提出了土地覆盖分类系统。地物的辐射特征信息表达的是地物的一种自然属性, 显然利用遥感技术研究土地应从土地的自然属性特征出发, 科学地提出土地覆盖分类系统。过去的土地覆盖分类系统往往只针对特点的研究目的、研究区域和研究尺度, 没有一个统一的标准, 给土地覆盖数据的汇总、分析及信息共享工作带来很多不便。因此, 建立一个标准的分类系统, 使分类系统所定义的类别不受尺度和数据资料来源的限制, 能够灵活地应用于不同的研究目的和研究领域, 是当前土地覆盖研究的一个重要内容。而且对于研究全球变化, 建立一个可靠的、同期的、具有空间及各种专题信息的土地覆盖分类系统是非常有意义的, 且气候模型、碳循环评价、生态模型各种研究都在急需这种有效的分类产品^[1]。

本文介绍了国内外主要的土地覆盖分类系统, 针对国内外土地覆盖产品在中国存在的问题, 以中国植被编码体系为基础, 根据 MODIS 数据试验设计了一种新的土地覆盖分类系统, 并利用 2001~2002 年的多波段反射率、多时相植被指数等 MODIS 数据, 运用多种遥感制图方法进行了中国区域土地覆盖分类研究。

1 国内外主要土地覆盖分类系统介绍

1.1 基于高分辨率遥感数据建立的土地分类系统

中国科学院“九五”重大应用项目“国家资源环境遥感宏观调查与动态分析”依据一定分类原则, 主要从土地的资源角度建立起了一套基于 30 m TM 遥感数据的二级土地分类系统——中国土地资源分类系统^[2], 包括 6 个一级类和 24 个二级类, 每一级土地类型都用文字和覆盖度(或郁闭度)指标进行了定义, 其特点主要是从土地覆盖遥感监测实用性出发, 紧密结合全国县级土地利用现状分类系统, 便于遥感监测成果与地面调查成果的联系和数据追加处理。

美国基于 20 世纪 90 年代中期的 Landsat-TM 数据, 建立起 9 个一级类和 21 个二级类别的国家土地覆盖数据 NLCD(National Land Cover Data)^[3], 由于它是从美国地质调查局建立的 Anderson 土地利用/土地覆盖分类系统发展出来, 强调土地利用特征属性。

1.2 基于中粗分辨率遥感数据的土地覆盖分类系统

20 世纪 90 年代以来, 国际组织 IGBP 和美国马里兰大学 UMD 针对全球区域先后建立了以 NOAA/AVHRR 遥感数据为基础的 17 类别的 IGBP 分类系统^[4]和 12 类别的 UMD 分类系统^[5]等为代表性的全球土地覆盖分类系统。Liu 等人在利用 NOAA/AVHRR 数据对中国区域进行制图时, 建立了以 IGBP 为基础的 18 类别中国土地覆盖分类系统^[6], 此分类系统主要特色是把青藏高原植被单独列为一类。在当前以中分辨率 MODIS 遥感数据为基础的全球土地覆盖产品(MOD12)中则采用了 IGBP 分类系统^[7], 该产品还包括马里兰大学 UMD 对 IGBP 分类系统修改后的分类(MODIS/UMD)、MODIS LAI/FPAR 产品(MOD15)采用的分类系统(MODIS/LAI)^[8]、和 MODIS 净初级生产力产品(MOD17)采用的分类系统(MODIS/

收稿日期: 2005-09-07 修订日期: 2006-02-09

基金项目: 科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-01)

作者简介: 刘勇洪(1974-), 男, 四川广安人, 工程师, 主要从事土地覆盖与生态环境遥感。北京 北京市气象局气候中心, 100089。

Email: lyh7414@163.com

NPP)^[9]。这些分类系统由于针对的范围主要是整个地球系统,更多地反映了土地覆盖中地表的生理参数特征,体现了植被状况在土地覆盖中的重要性,但由于分类相对简单,定义严格,灵活性和兼容性较差。

1.3 中国植被编码体系

中国植被编码体系主要是从植被分类角度设计,是建立在1:400万中国植被图基础上,直接按照1:400万中国植被图的分类系统进行编码,此分类系统分为4级^[10]。由于此分类系统代表了中国的植被覆盖状况,因此国内许多研究在应用遥感数据进行土地覆盖分类制图时,重点参考此分类系统。

1.4 FAO 土地覆盖分类系统

1996年,联合国粮农组织FAO试图建立一个标准的、全面的分类系统——LCCS(Land Cover Classification System),并且在世界范围内进行推广应用。这个系统应该适用于不同的使用者,每个使用者只利用分类系统的一部分,并根据他们自己的特殊需要在此分类的基础上进行扩展。FAO土地覆盖分类系统^[11]主要分两个阶段:第一步是二分法分类阶段(Dichotomous),定义了8个主要土地覆盖类型;第二步是模块化的分层分类阶段(Modular-hierarchical),在第一步的基础上,使用预先定义的分类器(Classifier)组合,得到进一步的分类。整个分类系统实质上是一个决策树,具有分类层次清晰、灵活、详细等特点,使用者可以根据具体的需要选择其中土地覆盖类型,得到其所需要的土地覆盖分类系统。

1.5 生物圈模型分类系统

此外,还有生物圈与大气圈传输分类系统(Biosphere Atmosphere Transfer Scheme)20类、植被生命期分类系统(Vegetation Lifeforms)8类、简单生物圈2模型分类系统(Simple Biosphere 2 Model)11类等^[12]。这些分类系统更多作用于全球生物地球化学循环模拟。

2 中国土地覆盖分类现状

从20世纪90年代初开始,国内开展了基于中国区域的土地覆盖分类研究。刘纪远等人以土地资源分类系统为基础,完成了以陆地卫星(Landsat)TM为主要信息源的中国土地覆盖/土地利用制图^[2]。李晓兵、史培军根据AVHRR-NDVI的动态变化,对中国进行了9组35类别植被类型的划分^[3]。潘耀忠、李晓兵等人以AVHRR-NDVI数据和气候综合指标可能蒸散Holdridge PE,对中国进行了7个一级类型、47个二级类型的土地覆盖分类^[4],其特点是利用了植被环境参数于遥感的信息融合来提高分类精度。上述两种分类产品主要采用植被的分类系统,但过细的植被类型在1 km分辨率的区域尺度上由于增加混分性,从而降低了分类精度及其实用性。延昊采用遥感反演得到的地表反照率 r 、陆地表面温度 T_s 、归一化植被指数NDVI和净第一性生产力NPP进行了定量化的16类中国土地覆盖分类^[12],其特点是分类结果对应着定量化的物

理指标。中科院遥感所吴炳方等在参加GLC 2000计划中,则利用1 km分辨率的SPOT VGT数据以9个气候区域的划分进行基于LCCS分类系统22类的中国土地覆盖制图^[15]。刘正军以NOAA-AVHRR NDVI合成数据进行多时相去云处理以降低云对分类的影响,并结合PCA特征提取技术进行土地覆盖制图研究,表明相对于直接基于NDVI数据分类得到的结果而言,总分类精度有明显提高^[16]。

目前现存的各种土地覆盖产品是基于不同分类系统、不同遥感数据源及不同分类指标得出,因此,这些结果之间也存在非常大的不一致性。这种不一致性表现在如下几个方面:(1)分类系统及其定义的不一致性,这可能是影响不同分类结果比较的主要障碍;(2)分类方法的不一致造成的结果差异;(3)在分类精度和分类类别数方面还难以满足研究的需要。王军邦对目前国际上IGBP分类产品、UMd分类产品在中国区域表现进行了分析,并采用中国统一的地面样点数据对这两种分类产品进行了分类评价,结果显示这两种产品在中国区域分类的总精度均在40%以下^[17]。而国内如上述刘正军基于NOAA/AVHRR生成的土地覆盖产品和吴炳方等人基于SPOT VGT数据生成的中国土地覆盖产品中大部分植被类型的精度也在60%以下,表明这些分类产品还很难真正有效应用于中国的实际研究中。

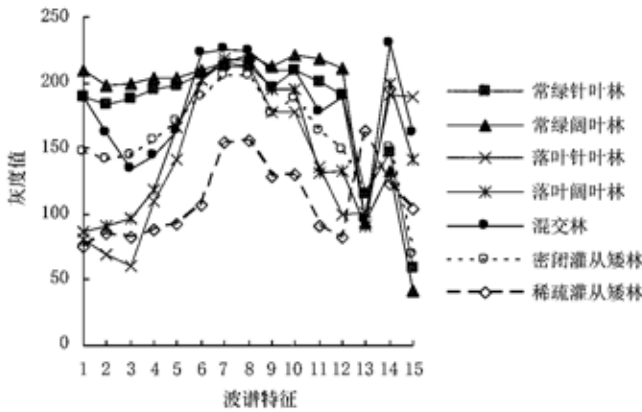
3 改进的中国土地覆盖分类系统

国内现常用的遥感土地覆盖分类系统主要是在粗分辨率NOAA/AVHRR遥感数据基础上进行应用的。而新一代“图谱合一”的中分辨率传感器MODIS与NOAA/AVHRR相比,在光谱性能、空间分辨率、数据质量有了很大改善,在全球及区域尺度上的土地监测和制图上更具有优势,已逐渐成为NOAA/AVHRR数据对宏观土地利用/覆盖监测的替代产品。并使传统方法中的时间序列NDVI数据和新的空间光谱信息结合起来提高区域土地覆盖制图的精度成为可能,从而使得在此基础上应用的土地覆盖分类体系更细更准确带来可能。由于1:400万植被类型符合我们国家的植被类型状况,我们对各种植被类型应用于MODIS数据进行试验,参照IGBP分类体系对1:400万植被编码体系进行了重新设计,建立了一种包括森林、灌丛、草原、农田、建筑、湿地和冰雪、荒漠等7大类22二级类别的土地覆盖遥感分类系统,各类别分别为:1)常绿针叶林,2)常绿阔叶林,3)落叶针叶林,4)落叶阔叶林,5)混交林,6)密闭灌丛、矮林,7)稀疏灌丛、矮林,8)草甸草原,9)典型草原,10)荒漠草原,11)高寒草原,12)一年一熟,13)一年两熟,14)一年水旱,15)双季稻及一年三熟,16)建筑用地,17)沼泽湿地,18)近海湿地,19)内陆水体,20)冰雪,21)荒漠、裸地,22)沙漠。图1显示了各种土地覆盖类型(未含近海湿地、冰雪类别)在MODIS数据试验中的样本平均波谱变化曲线,其中横坐标表示各波谱特征,纵坐标表示归一化到0-255的图像灰度值。从图1可看出,借助于数字高程DEM,在遥感图像上根据波谱

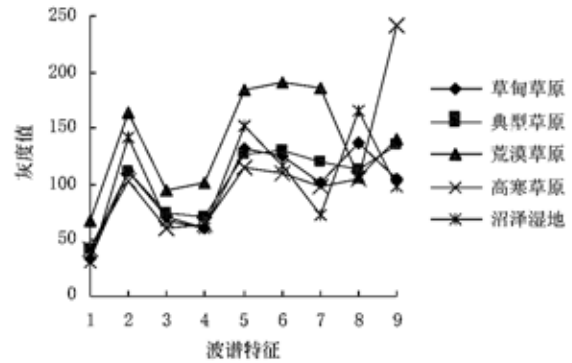
变化曲线的差异就能得进行不同类型的识别。

本分类系统包括了我国主要植被类型, 涵盖了国际上流行 IGBP 分类系统的主要土地覆盖类型, 改 IGBP 中的稀树大草原(Savannas) 为符合中国特点的 4 种草原类型, 而且对湿地类别做了重要划分, 可以体现我国

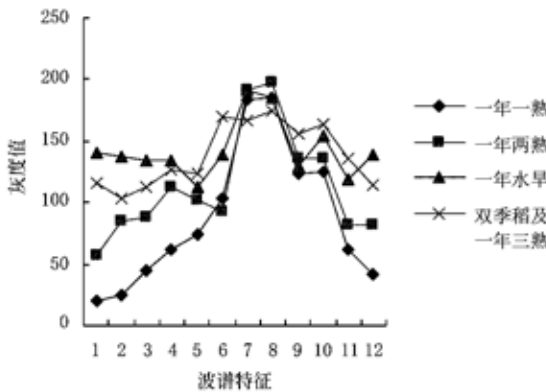
湿地资源的重要性, 以及增加了农田的二类划分, 在应用上由于具有更细的土地覆盖类型, 利于更详细的陆地生态系统过程及陆地碳循环模型研究, 且具更高灵活性和兼容性。



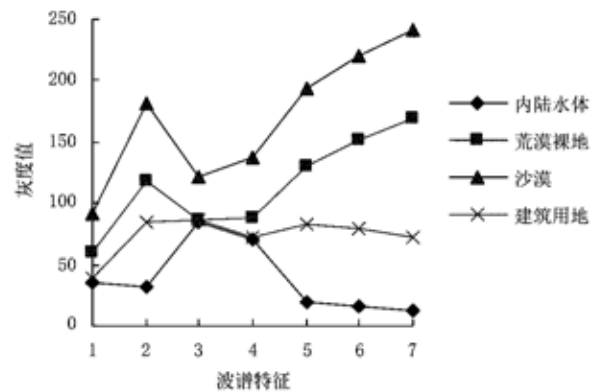
a. 其中横坐标 1-12 表示 1-12 月份的最大 NDVI 特征, 13 表示高程 DEM, 14-15 分别表示经度、纬度特征



b. 其中横坐标 1-7 表示 MODIS 1-7 反射率特征, 8 表示 NDVI 特征, 9 表示 DEM 特征



c. 其中横坐标 1-12 表示 1-12 月份的最大 NDVI 特征



d. 其中横坐标 1-7 表示 MODIS 1-7 波段的反射率特征

图 1 不同土地覆盖类型的波谱变化曲线

Fig. 1 Spectral curves of different land cover types

4 在中国区域土地覆盖分类应用

4.1 数据源及预处理

所采用的遥感数据来源于:

1) 美国 LP DAAC (Land Process Distributed Active Archive Center, U. S. A) 的中国地区 1 km 分辨率 MODIS 植被指数产品 MOD13A1 中的归一化植被指数 (NDVI): 本植被产品包括 2001 年中全年 16 天合成共 23 个时相数据产品, 通过 MODIS 产品处理软件 MRT 对 MODIS 数据产品进行处理, 对同时相的中国所在区域的 MOD13A1 中的 NDVI 波段进行镶嵌、地理几何校正与重采样, 采样方法为邻近法, 投影体系为双标准纬线等积圆锥投影 (ALBERS 投影, 双纬线为 25°和 47°), 椭球为 Krosovsky 体系, 分辨率统一到 1 km。

2) 中科院遥感所全球变化室制作的 2002 年中国

地区 9 月 1~ 16 日的 16 d 合成的 1km MODIS 7 波段反射率影像^[18]。

此外还加入了辅助数据: 中国 1 km 分辨率的数字高程 DEM 栅格影像; 中国数字化的 1:400 万《中国植被图》; 1:100 万的土地利用数据库(中国科学院 1995~ 1996 年制作)。

4.2 分类方法

传统的区域尺度上土地覆盖分类方法多采用单一的时间序列 NDVI 特征, 很少利用多波段反射率特征及其它波谱特征来增强识别, MODIS 数据的第 1~ 7 波段反射率影像则提供了这种可能; 同时在现有的图像自动分类方法中, 一般都是以同一标准对整幅图像进行分类, 基本未考虑同一图像中的差异, 由于遥感图像的地物光谱特征比较复杂, 有时经过处理后的图像经常会出现同物异谱和异物同谱、山体阴影影响明显以及不同区域或不同季相图像本身的特征差异较大等现象, 因此按

同一分类方案对图像进行分类往往很难达到令人满意的效果。显然,分区的思想更接近遥感图像的特点,也符合人们判读的思路,由于中国区域地形地貌的复杂性,利用图像分割技术进行分区提取各种类别来提高分类精度是可行的。

另外,在分类技术上引入了先验知识:考虑到中国的植被类型具有一定的地理分布规律性,加入经度、纬度和高程信息可以进行增强识别,考虑到 *NDVI* 在低植被覆盖度下并不能很好地识别水体、冰雪及沙漠等类别,采用波谱指数和掩膜技术可以有效提取这些类别;考虑到多波段影像上低植被覆盖类别荒漠裸地与沙漠光谱差异较大,直接采用非监督分类就可进行识别;考虑到对植被类型采用最大似然法进行分类,为了满足最大似然法下数据的近似高斯分布特征,可以对类别内光谱差异较大的常绿针叶林与混交林分别进行二类的划分;考虑到南方丘陵山区植被类型的破碎及混合像元在 1 km 分辨率尺度上易造成的混分,加入土地利用中的林地区域信息进行森林灌丛类型识别区域的限制能增强识别。主要分类步骤如下:

1) 分类特征提取:对 23 个时相 *NDVI* 进行了 12 月的月最大 *NDVI* 合成,从 *NDVI* 影像中提取经度、纬度地理坐标 2 个特征,对 7 波段合成反射率影像进行主成分变换,提取前 3 主成分波段,加上数字高程 *DEM* 特征,共 18 个分类特征参与后面的监督分类运算。

2) 利用掩膜技术分层提取水体、冰雪、近海湿地类别:利用波谱指数 $NDMI = (MODIS4 - MODIS6) / (MODIS4 + MODIS6)^{191}$,从中分别提取冰雪、水体及浅海湿地,并借助矢量边界,提取水体(湖泊河流)与近海湿地。

3) 非监督分类提取荒漠裸地及沙漠:从 23 个时相 *NDVI* 生成最大 *NDVI* 影像,运用掩膜技术提取出荒漠区域;再利用 7 波段反射率影像进行非监督分类分成 5 类,经过目视解译分别归并到荒漠裸地与沙漠 2 类。

4) 监督分类提取植被类别(包括建筑用地):在剔除已分类别的基础上:a.把常绿针叶林划分成北方和南方两类,混交林分成北方和南方两类,以减少与其它类别的混分性,产生 7 种森林类型;b.从 1:100 万土地利用分类图中提取有林地、灌木林地、疏林地、其他林地等区域(占国土面积 23.1%);c.对提取的土地利用区域进行 7 种森林类型和 2 种灌丛类型的最大似然法分类;d.在其它区域进行 2 类灌丛、4 类草地、4 类耕地、1 类沼泽湿地、1 类建筑用地等的最大似然分类。

5) 对所有类别进行归并和编码,最后产生 22 类土地覆盖类型。

4.3 分类结果及评价

按照以上方法,我们制作的 2001~2002 年土地覆盖分类图如图 2 所示(彩图见封底)。

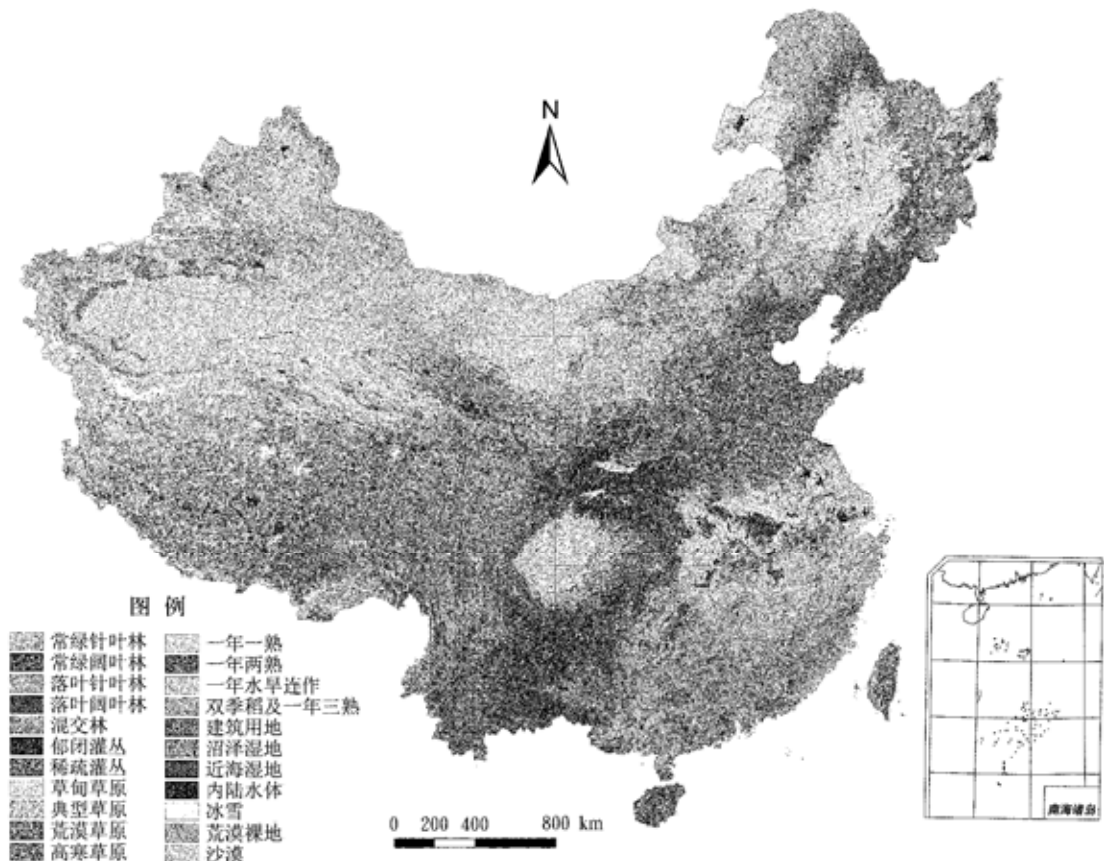


图 2 2001~2002 年中国区域 MODIS 1 km 土地覆盖分类图
Fig. 2 MODIS 1 km land cover classification result of China in 2001~2002

为评价分类效果,我们在分类图上随机选取了 5707 个样点进行精度评价,使用的验证资料有(a) 辅助数据源中的中国 1:400 万《中国植被图》和 1 km 土地利用分类图;(b) 1990~1995 年的地面森林抽样清查数据;(c) 全国部分地区 TM 数据。采用混淆矩阵方法和 Kappa 系数进行验证,表 1 给出了每一类别的生产者精度和用户精度,并得出分类总精度为 80.06%, Kappa 系数为 0.79, 达到比较满意效果。但也看到一些植被类型如常绿针叶林、常绿阔叶林、混交林、灌丛精度都较低。这可能有两个原因,一方面大尺度像元的混合像元大概率导致这几种林地混分明显;另一方面可能是我们用来确定检验样本的类别所使用的各参照点定义不一致。

表 1 各类别的生产者精度和用户精度
Table 1 Product accuracy and user accuracy for different types

代码	类别名称	生产者精度/%	用户精度/%
1	常绿针叶林	67.91	62.42
2	常绿阔叶林	89.09	65.77
3	落叶针叶林	80.00	86.96
4	落叶阔叶林	76.61	73.62
5	混交林	95.31	56.48
6	郁闭灌丛	52.89	82.51
7	稀疏灌丛	66.67	68.95
8	草甸草原	73.86	79.92
9	典型草原	86.76	76.46
10	荒漠草原	96.35	73.74
11	高寒草原	97.70	87.93
12	一年一熟	69.67	79.07
13	一年两熟	87.40	79.51
14	一年水旱	95.08	90.63
15	双季稻及一年三熟	99.05	87.45
16	建筑用地	91.59	95.15
17	沼泽湿地	63.00	83.63
18	近海湿地	85.05	96.81
19	水体	91.54	93.88
20	冰雪	91.48	96.99
21	荒漠裸地	92.22	98.03
22	沙漠	91.51	95.41

另外,我们对本文分类产品的类别进行了面积统计,结果显示,本文分类产品中最重要的森林类型其面积百分比达到 15.63%,接近中国第五次森林普查(1994~1998 年)森林覆盖率 16.55%,农田面积百分比达到 13.80%,接近 2002 年国土资源公报农田面积比例 13.12%;荒漠面积则占到国土面积的 22.64%,而其中沙漠沙化面积又占到了总荒漠面积的 62.8%,显示了中国沙漠化的严峻形势。

5 结论与讨论

1) 依据本文设计的中国土地覆盖分类体系产生的土地覆盖产品较好地反映了中国实际,与国内其它土地覆盖分类产品用 NOAA/AVHRR 数据和大量的辅助数据相比,在 MODIS 时间序列的 NDVI 数据基础上加

入多光谱反射率数据,由于弥补了一些土地覆盖类型在 NDVI 季节变化差异不明显、分类时易混分的缺点,有效地提高了分类精度。而且在制图中仅借助了少量辅助因子,显示了在区域尺度上利用多光谱多时相遥感数据进行土地覆盖与植被制图的优势。

2) 在分类精度评价中,一些植被类别的分类精度仍旧偏低,由于在中国大面积丘陵山区植被的混杂明显,仅靠 1 km 分辨率尺度的遥感影像还难以识别,更高分辨率的遥感数据如 MODIS 数据 250 m 分辨率以及其它分类特征如热红外波段数据的采用可能会提高分类精度。

3) 在分类方法上,先验知识(包括专家知识和地物背景知识)的引入是提高分类精度的有效途径,而且针对不同的地物类型选用较佳的分类方案是目前土地覆盖分类的一个发展方向,例如先进的决策树方法、神经网络方法已开始应用到大面积土地覆盖分类中。而本文分类所选训练样本是以中国 1:400 万植被图和土地资源图得到,由于图件生成年代较早,与现实土地覆盖状况可能会存在较大差别,而且并没有真实的最新实地样本资料来进行分类精度的验证,这也是进行陆地生态过程获取准确参数的前提。因此,建立一套中国土地覆盖具有代表性的样本数据库是非常有必要的。

[参 考 文 献]

- [1] 李晓兵,陈云浩,喻 锋. 基于遥感数据的全球及区域土地覆盖制图- 现状、战略和趋势[J]. 地球科学进展, 2004, 19(1): 71- 80.
- [2] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 1- 43.
- [3] USGS. National Land Cover Characterization[EB/OL]. <http://landcover.usgs.gov/natl/landcover.asp>, 2003-10-20.
- [4] Loveland T R, Reed B C, Brown J F, et al. Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21: 1303- 1330.
- [5] Hansen M C, DeFries R S, Townshend J R G, et al. Global land cover classification at 1 km resolution using a decision tree classifier[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21: 1331- 1364.
- [6] Liu J Y, Zhuang D F, Luo D, et al. Land-cover classification of China: integrated analysis of AVHRR imagery and geophysical data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2002: 1- 16
- [7] Strahler A. MODIS Land Cover Product Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version 5.0[R]. http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod12.pdf, 1999-05-01.
- [8] Myneni R B. MODIS Leaf Area Index (LAI) And Fraction of Photosynthetically Active Radiation Absorbed By Vegetation (FPAR) Product (MOD15) Algorithm Theoretical Basis Document Version 4.0[R]. http://www.ntsg.umt.edu/modis/ATBD/ATBD_MOD15_v21.pdf, 1999-04-30.

- [9] Running S W. Modis daily photosynthesis (PSN) and annual net primary production(NPP) product (MOD17) algorithm theoretical basis document version 3.0 [R]. [http://www. ntsg. umt. edu/modis/ATBD/ATBD_ MOD17_v21.pdf](http://www.ntsg.umn.edu/modis/ATBD/ATBD_MOD17_v21.pdf). 1999-04-29.
- [10] 吴征镒. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 1- 50.
- [11] Antonio D G, Louisa J M. Jansen. Land cover classification system(LCCS): classification concepts and use manual[M]. FAO. 2000.
- [12] 延 昊. 中国土地覆盖变化与环境影响遥感研究[D]. 中国科学院遥感应用研究所, 2002.
- [13] 李晓兵, 史培军. 基于 NOAA-AVHRR 数据的中国主要植被类型 NDVI 变化规律研究[J]. 植物学报, 1999, 41(3): 314- 324.
- [14] 潘耀忠, 李晓兵, 何春阳. 中国土地覆盖综合分类研究- 基于 NOAA/AVHRR 和 Holdridge PE[J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 270- 281.
- [15] Bingfang W. The Land Cover Map for China in the Year 2000. GLC2000 database, European. Commision Joint Research Centre [R]. 2003. [http://www-gvm. jrc. it/GLC2000](http://www-gvm.jrc.it/GLC2000).
- [16] 刘正军. 高维遥感数据土地覆盖特征提取与分类研究[M]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2003.
- [17] 王军邦. 中国陆地净生态系统生产力遥感模型研究[D]. 中国浙江大学, 2004.
- [18] 蒋耿明, 牛 铮, 阮伟利, 等. MODIS 影像合成算法研究和实现[J]. 国土资源遥感, 2004, 60(2): 11- 15.
- [19] 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.

Design of land cover classification system for China and its application research based on MODIS data

Liu Yonghong¹, Niu Zheng², Xu Yongming³, Wang Changyao², Li Guicai⁴

(1. Climate Centre, Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100089, China;

2. Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

3. China-America Cooperative Remote Sensing Center, Nanjing University of Information Science & Technology,

Nanjing 210044, China; 4. National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China)

Abstract: Expatiated on the domestic and foreign main land cover classifications and products in China's performance. A new land cover classification system from MODIS data which includes seven first-degree types and twenty-two second-degree types was designed based on Chinese Vegetation Code System. Multi-temporary NDVI and multi-spectrum reflectance from MODIS 1km data in 2001~ 2002 were used to map land cover of China. The result showed that the classification product was close to China land cover fact.

Key words: land cover; classification system; MODIS 1km; remote sensing mapping