

文章编号: 1007-4619 (2005)02-0204-11

用 SPOT-VGT 数据制作中国 2000 年度土地覆盖数据

徐文婷^{1,2}, 吴炳方¹, 颜长珍^{1,3}, 黄慧萍¹

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100101;
3. 中国科学院 兰州寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000)

摘要: 土地覆盖是自然环境与人类活动相互作用的中心, 准确而现势性强的土地覆盖数据是科学研究、资源管理和环境监测等应用的基础资料。该研究作为欧盟联合研究中心 2000 年全球土地覆盖计划 (GLC2000) 的一部分, 利用 2000 年的 1km 空间分辨率的 SPOT-4 VGT S10 数据与 DEM、积温和降水等通过 AHP 方法合成的自然因子数据, 采用 FAO 的土地覆盖分类系统 (LCCS), 通过非监督分类方法制作中国 2000 年的土地覆盖图。研究表明, 在 HANTS 方法去云处理的基础上, 结合气候分区, 利用一年内每 10 天最大值合成的 NDVI 时间序列自然因子数据集可对除干旱区外大部分地区进行很好的分类, 对干旱区则采用 8 月下旬的 VGT 原始数据取代 NDVI 数据参加分类, 可达到较好的分类结果。

关键词: 土地覆盖; SPOT VGT; 地理空间数据; 制图

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A

1 引言

土地覆盖是自然环境与人类活动相互作用的中心。一方面土地覆盖是全球变化的主要驱动因素之一, 另一方面全球变化又反作用于土地覆盖。土地覆盖变化被认为是全球环境变化的重要组成部分和主要原因^[1]。近年由于科学研究、资源管理、环境监测等宏观研究的急切需求, 如在全球变化监测、气候变化数值模型以及环境政策措施对土地覆盖影响的情景模拟等方面都需要准确而且具有较强现势性的全球土地覆盖数据作为基本输入参数, 对洲际水平和全球尺度的土地覆盖制图长期以来一直是卫星遥感应用研究的主要研究内容之一。

由于全球土地覆盖数据的重要意义, 世界各国和许多国际组织相继开展了以土地利用和土地覆盖为主体的区域、洲际和全球尺度的土地覆盖遥感制图研究。但是由于时效性、数据的可获得性、数据处理能力等的限制, 到目前为止, 只有低分辨率的遥感数据才能满足全球尺度的土地覆盖制图^[2]。目前已经存在的全球土地覆盖数据主要有 IGBP 利用

AVHRR 数据制成的 DISCover 和美国马里兰大学的 UMD 全球 1km 土地覆盖图^[3-5], 但是其数据源采用的是 1992—1993 年度的 AVHRR 数据, 现在急需更新; 另一方面由于 AVHRR 数据是为气象监测目的而设计的, 卫星轨道偏移使得不同时间获取的数据之间位置配准精度比较低, 远离星下点的像元尺寸是 2.3km × 4.2km^[6], 并且只有两个通道的数据可用于土地覆盖制图, 这些因素都限制了 AVHRR 数据在高精度土地覆盖制图领域的应用。

法国 SPOT-4 卫星上携带的 VGT 传感器是特为大区域土地覆盖制图和植被监测设计的, VGT 数据的空间分辨率和时间分辨率与 NOAA AVHRR 数据极其相近^[6], 但是 VGT 有 4 个通道, 星上高精度 GPS 仪器可使不同时间的数据配准精度控制在 0.3km 内, 另外, 其独特的扫描方式使得远离星下点的像元最大尺寸只有 1.7km^[7]。因此, VGT 传感器为全球尺度的环境监测提供了一种新型的、高质量的遥感数据源。

欧盟联合研究中心 (JRC) 空间应用研究所 (SAI) 联合全球 30 多个国家和地区利用 2000 年的 VGT 数据, 共同开展全球土地覆盖制图研究

收稿日期: 2003-08-06; 修订日期: 2003-10-13

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目; 全球农作物遥感估产研究 (KZCX2-313); 国际合作项目: GLC2000。

作者简介: 徐文婷 (1973—), 女。中国科学院遥感应用研究所博士生。研究方向: 生态环境遥感。

(GLC2000),其目的在于更新已有的全球土地覆盖数据,为环境变化研究提供 2000 年的全球土地覆盖本底资料。中国部分的土地覆盖制图由中国科学院遥感应用研究所承担。

2 数据集

本项工作使用的数据有 2000 年的 1km 空间分辨率的 SPOT-4 VGT S10 数据以及高程、各气象台站的温度和降水等辅助数据。以下各数据均转换为 Albers 投影的格式参与运算及成图。

2.1 SPOT-4 VGT 数据

SPOT-4 是 1998 年发射的与太阳同步近极地轨道卫星,它相对于赤道平面的倾角为 98.7° ,赤道上空高度 832km,经过赤道上空的时间为当地时间上午 10:30。其上携带的 VGT 推扫式传感器,扫描宽度为 2200km,空间分辨率为 1km,在中高纬度可以实现每天全覆盖。这种主要用于植被探测的传感器具有高精度的影像匹配能力。如不同波段间的匹配精度是 0.2km,不同时相数据的匹配精度为 0.325—0.885km 之间,而绝对的定位精度是 0.3—0.725km^[8]。

VGT 系列产品包括 VGT-P 和 VGT-S 两类,VGT-P 是原始产品,包括红(R_r ,0.61—0.68 μm)、蓝(R_b ,0.43—0.47 μm)、近红(R_n ,0.78—0.89 μm)和短波红外(R_s ,1.58—1.75 μm)4 个波段以及包含获取参数信息(大气状况、观测角、日期和时间)在内的辅助数据^[9]。可见光范围的红和近红外光谱已经被证明对于植被变化动态的研究非常有用,特别是已经被广泛应用的 $NDVI((R_n - R_r)/(R_n + R_r))$ 数据,它与绿色植物的光合作用有极强的相关性^[10]。VGT-S 包括 S_1 和 S_{10} 两种数据,每种数据均包含 $NDVI$ 指数。 S_1 是每天的数据, S_{10} 是由每天的数据按每 10 天最大值合成的派生数据,合成时剔除了大面积云污染和质量不好的数据。本次使用的 2000 年的 VGT-S10 数据是由欧盟联合研究中心的空间应用研究所提供,包括全年 36 旬的 $NDVI$ 数据和多光谱数据,数据是以经纬度格式发布的。

2.2 辅助数据

2.2.1 气象及 DEM 数据

收集全国 300 多个气象台站 1971—2000 年的日平均温度与降雨量数据,气象台站分布见图 1。

使用空间插值软件将多年平均日均温与降雨量数据插值成为栅格形式,参与后来的遥感图像分析。来自国家基础地理信息中心,国家测绘局编制的 1:1000000 地形图上获得的 1km 空间分辨率的数字高程数据。这些数据用于自然因子复合图的合成。

2.2.2 解译参考数据

(1) 中国 1:1000000 土地利用图^[11]。共包括如农田、园地、森林、草地、水域、居民地、工矿用地等 10 大类和 49 个亚类。该数据主要用作光谱聚类解译时的参考。(2) 由中国科学院植物研究所编制的中国 1:1000000 中国植被图集^[12]。它详细划分了中国各植被群落的分布及特征。该图集同样作为解译时的参考资料。(3) 中国植被气候分区图^[13]。用每个分区的边界切割原始图像,后期的分类与解译都是在此基础上进行的。该图根据中国气候状况,将中国划分为 9 个区,每个区都有各自特定的植物群落类型。(4) 农业气候区划图^[14]。用于对不同生长节律的农田在去除云污染时分开处理。使用之前进行了投影转换等处理。

3 分类系统

为了保持全球土地覆盖的一致性和可比性,GLC2000 项目组经会议讨论决定,采用联合国粮农组织(FAO)在非洲进行制图时所制定的土地覆盖分类体系(LCCS),同时又允许不同地区根据本地区的实际情况适当加以调整,从而更好的反映其特有的土地覆盖特征,但其定义要以 LCCS 的分类体系为基础^[15]。LCCS 是一个可以满足特定用户需要的方便的标准分类系统,其主要分类方法是二叉分类法与等级模块法,优点是不受制图比例尺和制图区域的限制^[16]。二叉分类法首先将植被覆盖类型分为两大类:植被区和无植被区,对每一类又以二叉分的方式进行细分;如有植被区分为陆地与水体或周期性水淹没区。二叉分类结束后,利用等级模块方法进一步分类。分类体系的制定过程中可以充分考虑环境要素(如气候、地形、海拔、土壤、岩性和侵蚀)和特有要素。特有要素涉及专门的学科领域。如对(半)自然植被而言,可以加入植物状况(如郁闭度、高度等);这些要素影响了土地覆被,但不是土地覆被的内在本质,因此不应该同“单纯”的土地覆被分类标志相混淆,而是由用户自由地加入到单纯的土地覆盖类型中去。

按照 LCCS 的分类方法,利用 FAO 的 LCCS 软件分别对中国的 9 个气候亚区制定分类体系,并在分类过程中进行调整,结果全国共分为 22 种土地覆盖类型(表 1)。

表 1 中国及相应的全球土地覆盖分类系统

Table 1 Land cover classification system of China and its corresponding counterpart at global scale

LCCS 编码	LCCS 分类水平	中国土地覆盖分类	描述	相应的全球土地覆盖分类体系
20089	A3A10B2XXD1E1	常绿阔叶林	主要被常年保持常绿的阔叶树覆盖的土地	树覆盖,阔叶,常绿(LCCS 郁闭度 >15%, 树高 >3m)
20090	A3A10B2XXD1E2	落叶阔叶林	主要被有年内季节落叶现象的阔叶树覆盖的土地	树覆盖,阔叶,落叶,郁闭-开放
20092	A3A10B2XXD2E1	常绿针叶林	主要被常年保持常绿的针叶树覆盖的土地	树覆盖,针叶,常绿
20093	A3A10B2XXD2E2	落叶针叶林	主要被有年内季节落叶现象的针叶树覆盖的土地	树覆盖,针叶,落叶
20052	A3A14	疏林地	由树和草本覆盖,树的覆盖度在 5%—20% 之间	混合: 树或其它自然植被
20017	A4A10	灌丛	木本植被,高度在 0.3—5m 之间	灌木,常绿或落叶,郁闭或开放
40023-P3	A6A13-P3	高山亚高山草甸草地	高度在 3000m 以上的寒冷湿润地带的草本覆盖,覆盖度 20%—50%	高或中密度的草本覆盖
20045-L2	A6A11-L2	草坡草地	中等坡度的山地的草本覆盖,覆盖度在 20%—50%	
20045-L11	A6A11-L11	草原	广阔的半干旱地区的草本覆盖,覆盖度在 20%—50%	
20045-L3	A6A11-L3	高山亚高山草地	高度在 4000m 以上的寒冷湿润地带的草本覆盖,覆盖度在 20%—50%	
20045-L41N3N6	A6A11-L41N3N6	荒漠草地	干旱沙漠地区的草本覆盖,覆盖度在 5%—15%	稀疏的草本或灌木覆盖
40019-R3	A2A13-R3	海滨湿地	沿海岸线的规则性被水淹没的灌丛和草本覆盖	周期性被水淹没的草本或灌木
40023	A6A13	草甸草地	湿润平缓地带的草本覆盖	
8001-5-U3	A1-A5-U3	沼泽	潮湿平缓地带的周期性被水淹没的草本覆盖	
10037	A4	农田	被单一或多种农作物覆盖的土地	耕作用地
6002-1	A3-A7	裸岩	地表由岩石所覆盖	裸地
6002-8	A3-A14	碎石	地表由岩石矿物覆盖,空地为裸露的土壤	
6006	A6	沙漠	地表由沙所覆盖	
8001-1	A1-A4	河流	地表由自然或人工河流覆盖	水体(自然或人工)
8001-5	A1-A5	湖泊	地表由自然或人工湖泊覆盖	
8006	A2B1	冰川	地表常年由冰雪覆盖	冰雪(自然或人工)
5003-9	A4-A13	城镇	人工建筑物	人工表面或建筑

4 数据及其预处理

根据中国自然植被分布的实际情况、数据特点及拟采用的分类方法,对遥感数据和气象数据进行了一系列预处理。

4.1 气候分区

大范围遥感制图,由于受到研究区内气候、地形、植被、土壤等的影响而在不同区域内广泛存在同物异谱和异物同谱现象。因此,将整个区域作为一个整体进行信息提取较为困难,数据处理时也缺乏灵活性^[17],解决此问题的常用方法是将整个大区细分为小区,使信息提取工作在自然景观相对较为均质的情况下进行,以便增加对不同土地覆盖类型的区别能力,降低数据的处理难度^[18],同时也可以提高分类精度^[19]。

根据中国地理环境的地域特征,按照水分和热量的差异划分分区,划分的主要依据是在水热状况相对一致的同时兼顾区域完整性的原则,温度以大于等于 10℃ 的积温(T),干湿状况以干燥度(Ar)为气候区划指标($Ar = 0.16 \times T/P$;其中 T 为日平均气温大于等于 10℃ 时期的积温, P 为同期降水量,0.16 为系数,假定秦岭、淮河一带的可能蒸发量和降水量接近平衡而得出^[20]),采用刘纪远等的研究成果^[13],把全国分为 9 个区(图 1)。

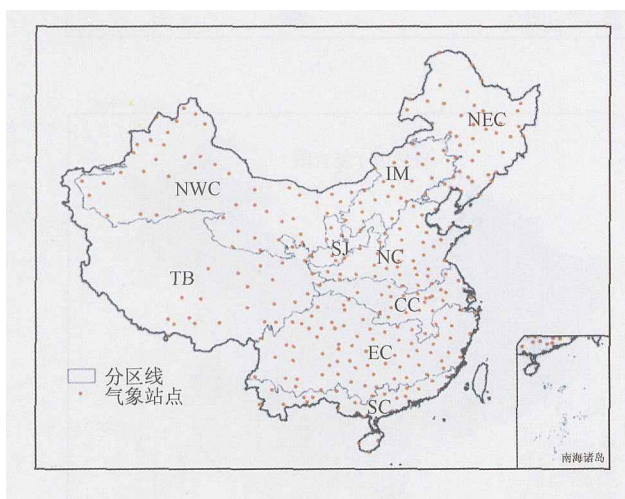


图 1 中国气候分区图

Fig. 1 Climate strata and weather stations

总体来讲,东部地区包括 NEC 以及 SC, EC, CC 的东部,这些地区临近海洋,地势平坦,受东南季风

的影响,气候湿润,从南向北分布着各种类型的丰富的森林资源。西北部地区包括 NWC, IM 分区,由于受青藏高原的影响,来自印度洋的湿润气候受阻于青藏高原南侧,使这一地区的干旱化加剧影响了植被的生长。NC, CC 和 EC 地区温度与水分条件均很适宜,是中国的粮食主产区。

4.2 气候环境指标合成

中国土地覆盖的分布特征主要受到气候的经向、纬向和垂直地带性规律的影响^[21],因此可以将这些规律参数化后应用到分类中,以提高分类的精度。在众多自然因子中,我们选用年平均气温、年降水量和海拔高度作为自然地带性的代表因子,在不同地区根据温度、降水、高程对这些地区的自然环境,尤其是对植被生长、分布的影响程度建立指标体系,进行权重分析,影响大的因子赋予较高的权重,影响低的因子赋予较低的权重,然后将 3 幅地学影像进行加权叠加,得到一幅反映该地区综合指标的自然因子复合图,与遥感数据一同参与分类。收集分布在全国的 313 个主要气象站(图 1)各月的多年(1970—2000 年)平均气温、降水量数据(缺台湾省数据),在 GS+ 地统计学软件的支持下,利用 Co-Kriging 插值技术^[22,23],生成温度、降水空间分布数据,同时还使用了中国环境资源信息库中的 DEM 数据。另外,为了消除量纲的影响,对这 3 类数据分别进行了标准化处理。

在不同的气候区,自然要素是以其综合作用来影响一个地区的土地覆盖特征,不能将其等同对待,为了选用一个综合指标来反映自然条件特征,本研究中采用层次分析法(AHP)来确定各影响因子的权重。该方法是系统工程中对非定量条件作定量分析的一种有效方法,它主要通过构造各种评价因素的判断矩阵^[24],利用和积法或幂法求得最大特征值及其对应的特征向量,对这个向量作归一化处理后可作为各因素的权重^[25,26]。

按照对不同分区,不同自然因子分别赋予不同重要值的标准,来自全国各个地区的 41 位专家参与了判断矩阵的构造,对通过一致性检验的 37 位专家的打分结果取平均,得到了表 2 的结果。由表 2 可以得出,东北分区 NEC 植被生长主要受温度的影响;在 IM, NWC 等干旱区,由于年降雨量不足 300mm,使得水分因子成为影响植被的主要因子。SJ 分区由于受秦岭的影响而使局部地形成为主要影响因子。将消除量纲后的气候和高程要素空间数

据 $T_i(x, y)$ 、 $R_i(x, y)$ 和 $E_i(x, y)$, 按照通过检验的权重值 a_1 、 a_2 和 a_3 分区进行加权叠加: $G_i(x, y) = a_1 * T_i(x, y) + a_2 * R_i(x, y) + a_3 * E_i(x, y), i = 1, \dots, 9$; 最终得到综合自然因子空间分布数据 $G_i(x, y)$, 并作为一个单独的波段参与分类(图 2(d))。

表 2 各个分区的自然环境因子权重

Table 2 Fraction of integrated factor in each stratum

分区	温度(a_1)	降雨(a_2)	海拔(a_3)
NC	0.162	0.529	0.309
IM	0.129	0.606	0.265
NWC	0.292	0.605	0.103
CC	0.468	0.303	0.229
EC	0.236	0.323	0.441
SC	0.244	0.390	0.366
TB	0.123	0.127	0.750
NEC	0.527	0.333	0.140
SJ	0.162	0.309	0.529

中国幅员辽阔,不同地域之间差异较大,因此地物间的同物异谱现象相对也较为严重,在遥感土地覆盖制图的研究中,利用表征自然环境因子的空间数据参与分类可以提高自动分类的可分性。引入自然环境因子的效果可用 Erdas 软件下的 Transformed 可分性指数来衡量比较明显,Transformed 指数的值域是 0—2000;一般来说,当 Transformed divergence 值大于 1900 时,可分性相当好;值在 1700—1900 间时,可分性良好,低于 1700 时可分性就相当差了^[27]。引入自然环境因子复合图后 Transformed 可分性指数由原始没经过处理的 1996.24 增加到 1997.93。图 2(a)较好的反映了温度西南高、东北与青藏高原低的分布格局,图 2(b)提示了降雨量从东南向西北递减的总趋势,图 2(c)表征了中国地势西高东低的特点;图 2(d)是上述 3 个因子的复合,因此更多地反映了植被分布的区划特点,而看不到

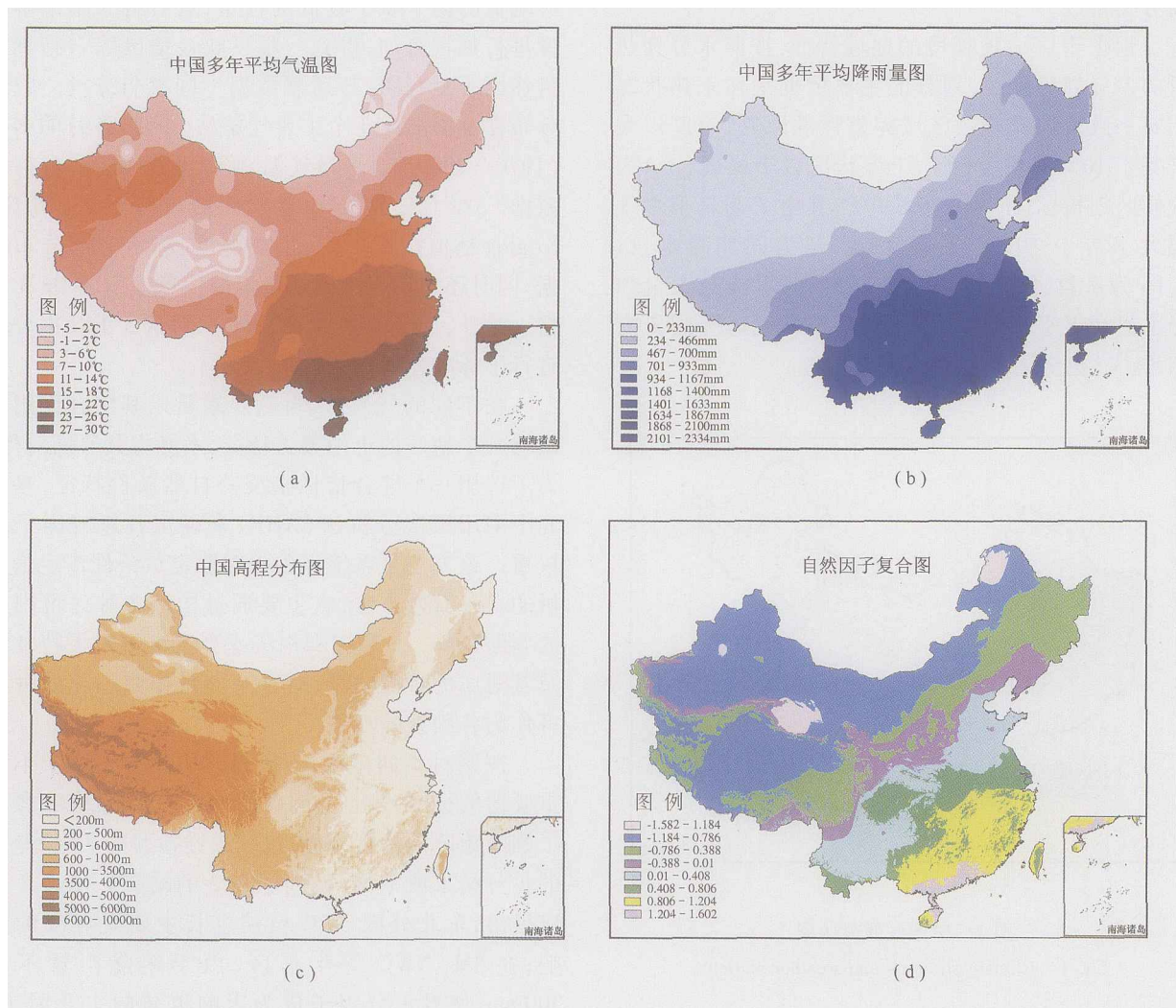


图 2 自然因子及权重复合图

Fig. 2 The integrated factor and synthesized images

温度、降水及高程分布梯度的痕迹。

4.3 VGT 数据处理及结果

目前国际上解决云污染的重要方法是根据 MVC 方法取一定时间段内的最大值合成新的数据,这样可以极大地消除云污染的影响^[28,29],但这样的处理对一段时间内持续有云覆盖的情况效果并不显著。对这种情况的处理最为常见的方法是快速 Fourier 变换(FFT)^[30],但 Roerink 的研究表明 HANTS 要优于快速 Fourier 变换,因此在这里使用了 HANTS(Harmonic a Nalysis of Time Series)技术对 2000 年 1 月到 2000 年 12 月共 36 旬数据进行处理,以去除云污染的影响。

遥感图像像元 DN 值是地物光谱反射特征的反映。在全球或区域尺度下,陆地地表的植物生长具有一定的周期性,所以反映植物生长状况的时-空系列遥感图像的每一个像元 DN 值在时间上存在着相应周期性。HANTS 方法就是将离散的点组成连续的曲线,并把曲线视为是由经过每一点多条不同频率正弦、余弦函数曲线的合成。根据具体地区遥感图像(地表植物)的年、月周期性,通过时间-频率域或频率-时间域的分析方法,对之进行分解和重组,达到去云重构的目的。利用 HANTS 技术经过去云重构恢复了 NDVI 过程曲线的原有特征,由于云污染而变异的各地类 NDVI 过程曲线得到了校正。这一点对于具有高度异质性的土地覆盖类型来说尤为重要。异质性高的地块,反射光谱比较复杂,而云的影响所导致的光谱差异又增加了地类错分的可能性。如图 3,同种植被类型,由于云污染的影响,NDVI 曲线变化很大,从而造成类别间的可分性的降低。经 HANTS 处理后,Transformed divergence 指数由原来的 1996.24 增加到 1999.90,表明 NDVI 序列的可分性得到提高。

在利用 HANTS 对图像进行处理时,需要输入一系列参数,其中一个重要的参数就是周期或频数。对于森林或草地等植被来说,其生长周期可置为一,但对于中国的中南部地区,大面积的农田,一年两熟或一年三熟,而 HANTS 运行时给定的周期不同对其处理的结果会产生很大的影响。因此,在处理时先利用中国气候植被区划图将全国的一年两熟或一年三熟的农田单独提取出来,在运行 HANTS 程序时分别提供不同的周期,而其它的地方则给定一个周期^[31]。

图 3(a)代表主要分布在中国东北部的一季作

物农田处理前后的情况对比,从图中可以看出,七月中旬云对 NDVI 的影响。图 3(b)代表主要分布在南方的两季农田,从该图可以看出云的影响比图 3(a)要大得多。图 3(c)是常绿阔叶林的例子,常绿林一年内的反射率变化幅度较低,但由于其分布区主要集中在东南部,受阴雨天气的影响,NDVI 值失真相当严重,这一点从图中众多下降的点就可以证明。与常绿阔叶林相反,分布在东北的落叶针叶林则有较好的季节反射率曲线,同时云的影响集中在七、八月间。图 3(e),(f)曲线表明 HANTS 技术对非植被土地覆盖类型效果不好。在沙漠地区,由于植被少,NDVI 分旬时间序列曲线基本上是一条直线,一年内没有反射率最大的季节。同样,植被分布较少的地区,季节反射率变化也不是很明显。这也正是对 NWC,IM 和 SJ 区没有利用全年 NDVI 序列分类的原因。

去云后的 36 旬 NDVI 形成一个包含了 36 个通道的遥感数据集,将自然因子数据也作为一个通道加入到 NDVI 数据中,这样 37 个通道的数据集作为输入数据进行分类。针对每个区划单元,使用 ISO-DATA 算法进行非监督分类。

经验证本方法取得了比较满意的分类结果,但是,对西北区、内蒙古区、陕晋区这 3 个地区由于植被稀少,利用 36 旬 NDVI 值与综合气候因子数据分类效果不佳,因此对这 3 个地区进行单独处理。从原始图像中筛选出质量较好的 8 月下旬的多光谱数据,采用相同的方法进行非监督分类,效果较好。

对于城镇等人工建筑区,由于建筑物密度、城市绿化程度的差异,在图像上表现的差异较大,NDVI 时间序列不能很好地对之加以区分。因此,为了提高精度,将 8 月下旬的 VGT-S10 原始数据去除噪声后,进行目视解译提取城镇等人工建筑用地。

参考中国土地利用图、中国植被图及其它相关资料,通过人机交互方式,按制定的分类体系对聚类得到的光谱类型进行标定,生成各气候分区土地覆盖图。最后将各气候区的分类结果叠加,同时对各区相接区域内不一致的类型进行修改,最终生成了 2000 年中国土地覆盖图(图 4)。

分类统计结果(表 3)表明,2000 年全国土地覆盖最明显的特点是有植被覆盖的类型占 55.2%,以裸岩、戈壁和沙漠等为主的无植被覆盖的类型占 24.9%,农田占 17.8%。

全球范围内的分类精度评价工作将由 JRC 组织负责,在 2004 年开展,因此在这里只与国家发布

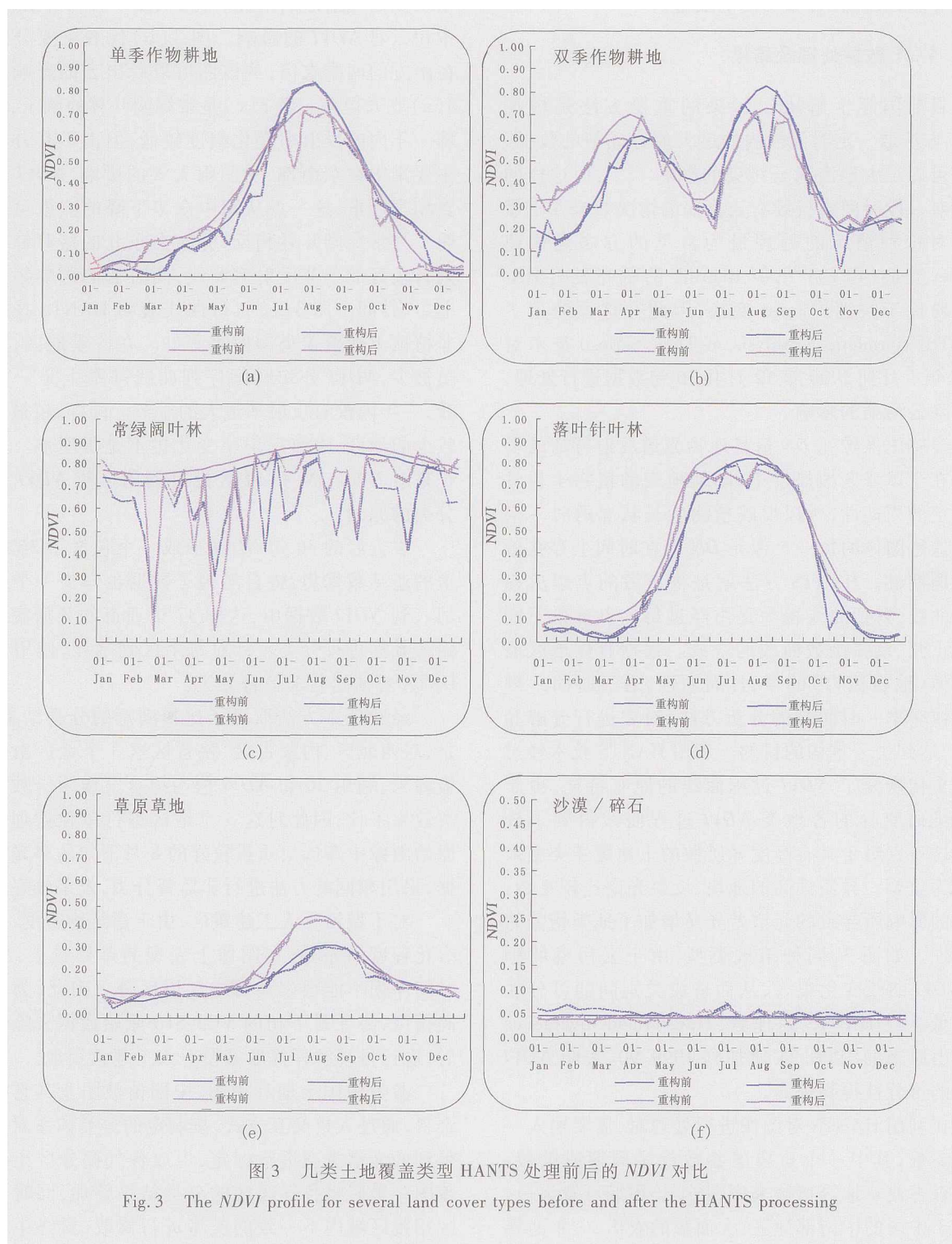


图 3 几类土地覆盖类型 HANTS 处理前后的 $NDVI$ 对比
 Fig. 3 The $NDVI$ profile for several land cover types before and after the HANTS processing

的统计数据(国家统计局,2000 中国统计年鉴)比较,分析后得到(表 4)。分类所得的主要类型与统计数据基本一致,相差较大的类型主要是由于其本身面积比较小,在 VGT 数据中以混合像元的方式散布在其它类型中,分类时难以区分出来。

5 结论与讨论

SPOT4-VGT 全年序列 $NDVI$ 数据在植被研究方面具有较大的潜力,尤其是在与温度、降雨及 DEM

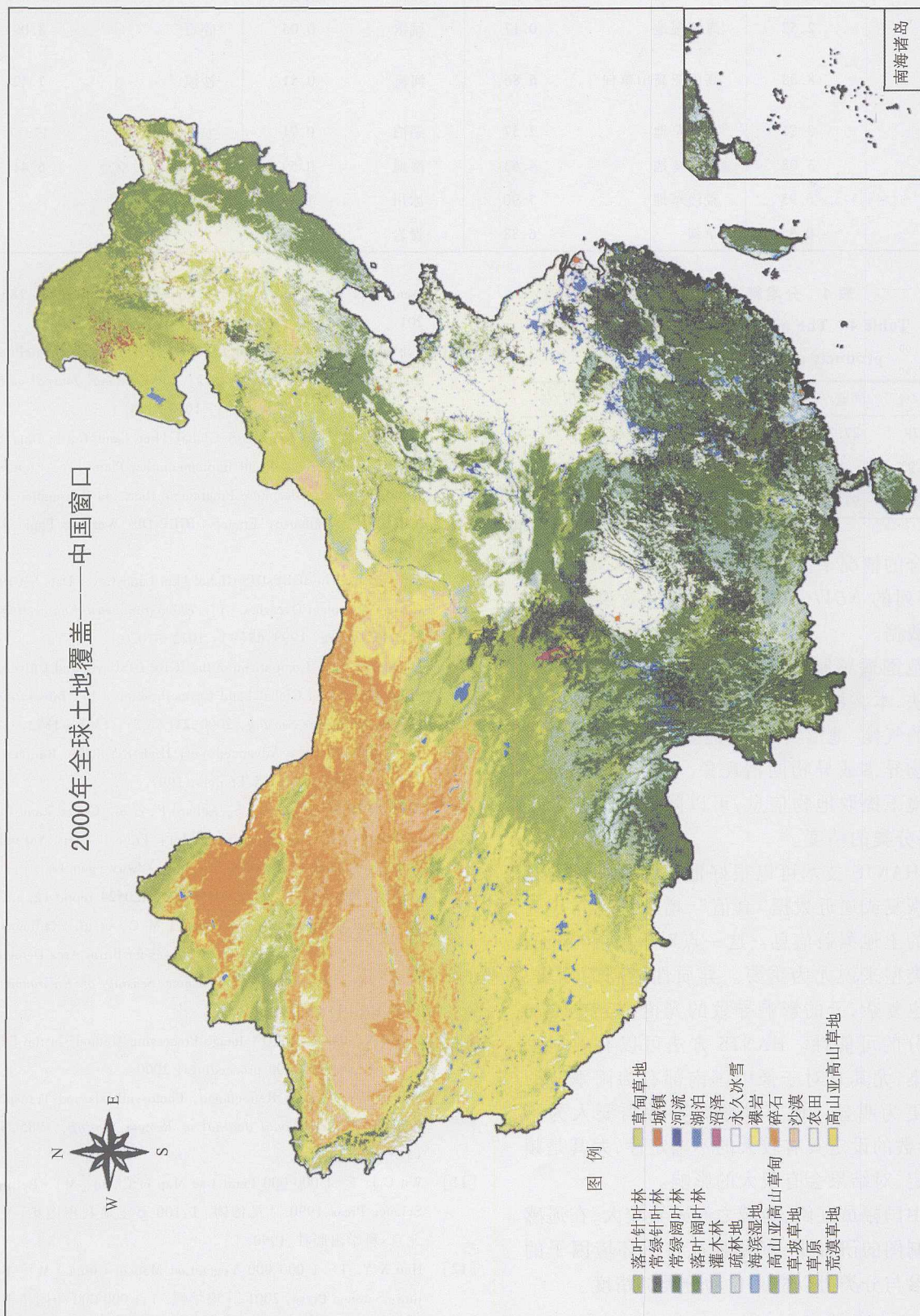


图4 2000年中国土地覆盖图
Fig.4 The land cover map of China 2000

表 3 各个土地覆盖类型所占的比例

Table 3 The area proportions of each types in China

类型	比例/%	类型	比例/%	类型	比例/%	类型	比例/%
落叶针叶林	2.52	海滨湿地	0.17	城镇	0.05	碎石	8.00
常绿针叶林	8.88	高山亚高山草甸	6.86	河流	0.51	沙漠	7.42
常绿阔叶林	3.81	草坡草地	2.57	湖泊	0.71	农田	17.77
落叶阔叶林	5.08	草原草地	4.63	湿地	0.59	高山亚高山草地	6.41
灌丛	6.95	荒漠草地	5.90	冰川	1.12		
疏林地	0.55	草甸	6.88	裸岩	2.64		

表 4 分类精度检验

Table 4 The area percentages of products and statistics data

类型	林地/%	草地/%	水域/%	未利用地/%	农田/%
制图	27.79	27.35	2.51	24.55	17.77
统计	24.9	28	4.5	25.8	13.7
精度	88.39	97.68	55.78	95.16	70.29

数据相结合的情况下。对于植被稀少的中国西部地区,全年序列的 *NDVI* 数据用于分类的效果不如多波段光谱数据。

对大范围遥感制图研究中,区划已是一个广为应用的方法,本文再一次证明,通过区划可以减少由于受地区的气候、地形、土壤等的影响所造成的广泛存在的同物异谱或异物同谱现象。通过分区,在相对均质环境下提取地物信息,可以降低数据的处理难度,提高分类的精度。

利用 HANTS 技术可以很好地去掉数据中的云污染并能恢复或逼近数据“真值”,增强了数据序列中所包含的土地覆盖信息。这一点对于高度异质的土地覆盖类型来说尤为重要。异质性较高的地块,反射光谱也复杂,云的影响导致的光谱差异更增加了地类错分的可能性。HANTS 方法可以有效地去除云的污染,尤其是对于像中国南部有梅雨季节的地区效果更为明显。但其缺陷是参数需要人为给定,因而参数的设定具有较大的不确定性,尤其是频率数的确定,对结果会有很大的影响。

由于中国幅员辽阔,地域之间差异较大,在遥感土地覆盖制图的研究中,利用表征自然环境因子的空间数据参与分类可以提高自动分类的精度。

参 考 文 献 (References)

[1] Foody G M. Status of Land Cover Classification Accuracy Assess-

ment [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, **80**(1): 185—201.

[2] Cihlar J. Land Cover Mapping of Large Areas from Satellites: Status and Research Priorities [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, **21**(6&7): 1093 1114.

[3] Belward A. The IGBP-DIS Global 1km Land Cover Data Set (DISCover): Proposal and Implementation Plans [A]. International Geosphere-Biosphere Programme Data and Information System Office, Toulouse, France. IGBP-DIS Working Paper 13, 1996.

[4] Belward A. The IGBP-DIS Global 1km Land-Cover Data Set DISCover: A Project Overview [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1999, **65**(9): 1013—1020.

[5] Hansen M C. A Comparison of the IGBP DISCover and University of Maryland 1km Global Land Cover Products [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, **21**(6&7): 1365—1373.

[6] Cracknell A P. The Advanced Very High Resolution Radiometer [M]. London: Taylor & Francis, 1997.

[7] Bartholome E, Belward A S, Achard F, et al. Global Land Cover Mapping for the Year 2000 [A]: Project status November 2002. Presentation available at: http://www.gvm.sai.jrc.it/glc2000/Publications/GLC2000%20EUR20524_report_v2.pdf

[8] Stroppiana D, Pinnock S, Pereira J M C, et al. Radiometric Analysis of SPOT-VEGETATION Images for Burnt Area Detection in Northern Australia [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, **82**(1): 21—37.

[9] Passot X. VEGETATION Image Processing Methods in the CTIV [A]. *Vegetation 2000 proceedings*, 2000.

[10] Sellers P J. Canopy Reflectance, Photosynthesis and Transpiration [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1985, **68**: 1335—1372.

[11] Wu C J. 1: 1 000 000 Land Use Map of China [M]. Beijing: Science Press, 1990. [吴传钧. 1:100 万土地利用图集[M]. 北京: 科学出版社, 1990.]

[12] Hou X Y. 1: 1 000 000 Vegetation Map of China [M]. Beijing: Science Press, 2001. [侯学煜. 1:1 000 000 中国植被图集[M]. 北京: 科学出版社, 中国科学院中国植被编辑委员会编纂, 2001.]

[13] Liu J Y, Zhuang D F, Ling Y R. Land-cover Classification in

- Northeast of China Based on Integrated Analysis of GIS [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1998, 2(4): 285—291. [刘纪远, 庄大方, 凌扬荣. 基于 GIS 的中国东北植被综合分类研究 [J]. 遥感学报, 1998, 2(4): 285—291.]
- [14] Qiu B J, Lu Q Y. Agricultural Climatic Zoning [M]. Beijing: Science Press, 1987. [丘宝剑, 卢其尧. 中国农业气候区划 [M]. 北京: 科学出版社, 1987.]
- [15] Gregorio D, Louisa J M. Land Cover Classification System [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2000.
- [16] Antonio Di Gregorio, Louisa J M, Jansen. Land Cover Classification System [M]. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2000. ISBN 92-5-104216-0.
- [17] Thomas R, Loveland, James W, et al. Development of a Land-cover Characteristics Database for the conterminous U. S. [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1991, 57(11): 1453—1463.
- [18] Defries R S, Townshend J R G. NDVI-derived Land Cover Classification at a Global Scale [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1994, 15: 3567—3586.
- [19] Múcher C A, Steinnocher K T, Kressler F P, et al. Land Cover Characterization and Change Detection for Environmental Monitoring of Pan-Europe [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, 21(6&7): 1159—1181.
- [20] Liu C M, Yue T X, Zhou C H. The Mathematic Model and Application in the Geography [M]. Beijing: Science Press, 2000. [刘昌明, 岳天祥, 周成虎. 地理学的数学模型与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.]
- [21] Wu Z Y. Vegetation in China [M]. Beijing: Science Press, 1980. [吴征镒. 中国植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1980.]
- [22] Lin Z H, Mo X G, Li H X. Comparison of Three Spatial Interpolation Methods for Climate Variables in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57(1): 47—56. [林忠辉, 莫兴国, 李宏轩. 中国陆地区域气象要素的空间插值 [J]. 地理学报, 2002, 57(1): 47—56.]
- [23] Li X, Chen G D, Lu L. Comparison of Spatial interpolation methods [J]. *Advance in Earth Science*, 2000, 15(3): 260—265. [李新, 程国栋, 卢玲. 空间内插方法比较. 地球科学进展 [J], 2000, 15(3): 260—265.]
- [24] Thirumalaivasan D, Karmegam M, Venugopal K. AHP-DRAS-TIC: Software for Specific Aquifer Vulnerability Assessment Using DRASTIC Model and GIS [J]. *Environmental Modeling & Software*, 2003, 18(7): 645—656.
- [25] Shen J H, Shi J Y, Gao Z B et al. Mathematic Modeling [M]. Haerbin Engineering University, 1996. [沈继红, 施久玉, 高振滨等. 数学建模 [M]. 哈尔滨工程大学出版社, 1996.]
- [26] Saaty Th. L. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process [M]. RWS Publications, Pittsburgh, PA, 1994.
- [27] Jensen, John R. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Englewood Cliffs [M]. New Jersey: Prentice-Hall, 1996.
- [28] Townshend J R G, Justice C, Li W, et al. Global Land Cover Classification by Remote Sensing: Present Capabilities and Future Possibilities [J]. *Remote Sensing Environment*, 1991, 35(2&3): 243—255.
- [29] Ehrlich D, Estes J E, Singh A. Applications of NOAA-AVHRR 1km Data for Environmental Monitoring [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1994, 15: 145—161.
- [30] Roerink G J, Menenti M, Verhoef W. Reconstructing Cloud Free NDVI Composites Using Fourier Analysis of Time Series [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, 21: 1911—1917.
- [31] Fan J L, Wu B F. Extracting the Multiple Cropping index with Remote Sensing, 2003, 8(6): 628—636. [范锦龙, 吴炳方. 复种指数遥感提取方法 [J]. 遥感学报, 2003, 8(6): 628—636.]

China Land Cover 2000 Using SPOT VGT S10 Data

XU Wen-ting^{1,2}, WU Bing-fang¹, YAN Chang-zhen^{1,3}, HUANG Hui-ping¹

(1. *Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*

2. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*

3. *Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)*

Abstract: The China land cover database with 1km spatial resolution, a part of GLC2000, has been developed with the 10-day composite SPOT VGT data over a period of 01 January 2000 to 31 December 2000 and the multi-spectral data of the last decade of August 2000. The multi-spectral image of the last decade of August 2000 was then used since the *NDVI* datasets are not sensitive to the area with poor vegetations in northwest China. Land-cover mapping for large area will face the problem that the study area landscape greatly varies with the climate, terrain and soil, and it is a common phenomenon that the different objects have the same spectral information or the same object has different spectral information. In order to resolve this problem, the whole territory of China had been stratified into eight relative homogenous bio-climatic strata and one specific Tibet region. The stratification was carried out based on the climate condition (above 10°C accumulated temperature and aridity), and then all data pre-processing, classification, interpreting and labeling processes had been carried out in each stratum, respectively. This would be good for the accuracy of the result and process of the data.

In order to remove cloud contamination and interpolate the missing data masked by cloud, the Harmonic Analysis of Time Series (HANTS) was applied to pre-process the 36 layer of VGT S10 *NDVI* dataset, and the ancillary metric derived from temperature, precipitation and DEM has been developed with the Analytic Hierarchy Process (AHP) algorithm to improve the discriminating ability of VGT metrics. With the assistance of Erdas ISODATA algorithm, the classification has been carried out, and 22 types of land cover had been labeled in the whole China according to the Land Cover Classification System developed by the UN Food and Agriculture Organization (FAO) in the framework of the AFRICOVER project. The accuracy assessment was complemented by comparing with the data derived from the product with the statistic data from Chinese Statistics Bureau.

Key words: China land cover; SPOT VGT; geophysical factors; HANTS