

中国 1:25 万土地覆盖遥感制图精度评价

——以鄱阳湖地区为例

白燕^{1,2}, 王卷乐^{1*}, 宋佳¹

(1. 资源与环境信息系统国家重点实验室 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 全球及区域尺度的土地覆盖数据是陆地表层过程研究的重要基础。土地覆盖遥感制图是全球变化和区域可持续发展研究重要的支撑数据, 制图精度评价对于数据生产者和数据用户都具有非常重要的意义。2011年在鄱阳湖地区的野外考察共采集包括定点验证、GPS以及解译标志3种类型的土地覆盖样点321个, 本文利用剔除了时间差异影响后的287个土地覆盖样点, 将样点的实际土地覆盖类型与遥感制图中相应位置的土地覆盖类型进行对比, 并利用分层次评估法, 即分别在土地覆盖一级类和二级类两个尺度上, 采用正确得1分, 错误得0分的计分方法, 对2005年中国1:25万土地覆盖遥感制图在鄱阳湖地区的精度进行实地验证。结果表明: (1) 在土地覆盖一级类型尺度上总体的制图精度为61.67%。其中, 湿地/水体的制图精度为100%, 农田的制图精度为98.4%, 森林的制图精度为80.0%, 聚落和草地的精度均低于20%。(2) 在二级类型尺度上总体的制图精度为44.25%。其中, 2个草地和3个森林及1个农田的二级类型的分类精度为0, 旱地、城镇建设用地和农村聚落的分类精度也很低, 分别为21.1%、29.0%和1.7%。实地调查发现, 2005年左右的全国1:25万土地覆盖遥感制图基本上反映了鄱阳湖地区的土地覆盖状况。但是, 对于一些具有过渡性质的土地覆盖类型, 如森林和草地等, 仅依靠遥感技术准确识别区分仍有一定的难度。

关键词: 土地覆盖; 遥感制图; 精度验证; 鄱阳湖

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2012.00497

1 引言

土地覆盖变化对生态系统的结构与功能及其他一系列的地球表层过程有着显著的影响^[1-3], 如生物地球化学循环与气候变暖^[4]、土壤侵蚀与土地可持续利用^[5]以及生物多样性^[6]等。大尺度土地覆盖分类制图是土地覆盖变化, 以及其他全球变化研究中的一项重要的基础性工作, 日益深入的全球地表过程研究需要确定土地覆盖类型及其各种特征参数, 如生物量、反照率、地表蒸散量等^[3]。因此, 精确的全球及区域尺度的土地覆盖数据是陆地表层过程研究的重要基础。

土地覆盖分类制图是遥感发展的产物^[7]。世界各国和许多国际组织(如美国地质调查局 USGS、欧洲联合研究中心 JRC 及欧空局 ESA 等)相继运用不同的图像处理技术和数据, 如 Landsat 7、AVHRR、SPOT 4 VEGETATION、EOS 计划的 Terra 和 Aqua 星上的 MODIS 数据, 以及 ESA 环境卫星 MERIS 数据, 开展了以土地覆盖为主体的区域、洲际和全球尺度的系列土地覆盖遥感制图研究, 形成了众多土地覆盖数据集^[8-15]。例如, 美国地质调查局 (United States Geological Survey, USGS) 建立的全球土地覆盖数据集 GLCC (或者早期版本的 IGBP-DISCOVER)^[16]、美国马里兰大学

收稿日期: 2012-01-11; **修回日期:** 2012-04-20。

基金项目: 国家科技基础条件平台项目“地球系统科学数据共享网”(2005DKA32300); 环保部公益性行业专项项目“面向我国环境管理的环境变化信息集成与服务系统”(201109075)。

作者简介: 白燕(1985-), 女, 山西偏关人, 博士研究生, 研究方向: 地学数据质量评价和数据融合研究。

E-mail: baiy@lreis.ac.cn

*** 通讯作者:** 王卷乐(1976-), 男, 河南洛阳人, 博士, 副研究员, 研究方向: GIS 开发与遥感应用、数据集成与共享研究。

E-mail: wangjl@igsrr.ac.cn

(University of Maryland, UMD)建立的全球土地覆盖数据集 UMD^[17]、欧洲联合研究中心(European Commission's Joint Research Center, EC-JRC)建立的 2000 年全球土地覆盖数据产品 GLC2000^[18]、MODIS 每季度更新的全球土地覆盖数据产品 MODIS^[10]和欧洲空间局(European Space Agency, ESA)建立的全球土地覆盖数据集 GlobCover^[8]。中国科学院在“八五”、“九五”期间,组织开展了全国范围的以遥感手段为主的全国土地资源调查和土地覆盖制图,建立了全国 1:10 万土地利用数据库^[19-22]。2007 年,在国家科技基础条件平台项目“地球系统科学数据共享网”的资助下,由中国科学院遥感应用研究所和中国科学院地理科学与资源研究所等单位共同完成了全国 2 期(2005 年左右和 20 世纪 80 年代)1:25 万的土地覆盖遥感制图^[23]。

土地覆盖遥感制图的精度验证是一项十分重要的工作^[24]。一般来讲,土地覆盖分类结果的精度有 3 种形式^[25],即位置精度、类型精度和数量精度。由于位置精度的误差主要来自遥感数据本身的几何误差,以及与参考数据之间的投影差异,所采用的数据一般都经过几何校正,分类本身不会产生太大的位置误差。目前,常用的验证与评估区域土地覆盖遥感制图精度的方法有 3 类,分别是野外实地验证(直接验证)、与更高分辨率的同类产品(真值)进行对比评估(间接验证),以及二者相结合的验证方法^[26]。

一般说,在地面真实值难以获得或者真实值难以与制图产品在时间上同步的情况下,以相同或更高分辨率的同类产品为“真值”,对低分辨率同类产品的精度进行评价是一种行之有效的办法。目前,用间接方法进行土地覆盖遥感制图精度评价,特别是大范围的遥感制图精度评价的研究较多。Lati-fovic 等^[27]以加拿大土地覆盖卫星数据库(Satellite Database for the Landcover of Canada, SILC)中的 33 幅 30m 空间分辨率的 TM/ETM+ 影像进行 ECM(Enhancement Classification Method)^[28]分类所得的土地覆盖数据为参考数据,对 GLC2000、IGBP-DISCOVER、UMD 和 MODIS 4 种 1km 土地覆盖数据集,在加拿大区域的分类精度进行了对比评价。Fritz 等^[29]采用模糊一致性方法对比分析了 GLC2000 和 MODIS 与区域土地覆盖数据集 SAGE 和 AFRICOVER 在非洲地区农田类型的精

度差异。冉有华等^[30-31]以中国 1:10 万土地利用数据为参考数据,对 4 种全球土地覆盖数据集在中国区域的分类精度进行了评价,结果显示:IGBP-DISCOVER 的分类精度为 56.5%, UMD 的为 53.26%, GLC2000 的为 56.74%, MODIS 的为 57.62%。

然而,不论遥感数据的分辨率有多高,制图结果都不可能与地面实际情况完全相同。本文以 2005 年中国 1:25 万土地覆盖遥感制图数据为数据源,对其在鄱阳湖地区的制图精度进行了实地验证分析。

2 中国 1:25 万土地覆盖的遥感制图

为了摸清全国土地覆盖及其变化状况,由中国科学院遥感应用研究所、中国科学院地理科学与资源研究所等 8 个单位共同完成了全国 2 期(2005 年左右和 20 世纪 80 年代)1:25 万土地覆盖遥感制图。该数据集的土地覆盖分类系统是针对中国土地覆盖实际情况,在联合国粮农组织提出的土地覆盖分类体系(FAO LCCS)和中国科学院资源环境数据库土地利用分类体系的基础上,从遥感制图角度和陆地生态系统观点出发而建立的一种新的土地覆盖遥感分类体系,共分为 6 个一级类和 25 个二级类(见表 1)。

中国 1:25 万土地覆盖遥感制图的遥感数据主要为 Landsat TM 和 CBERS;为了辅助植被类型的划分采用了美国 LP DAAC(Land Process Distributed Active Archive Center, US)提供的 2005 年全年的 MODIS 植被指数产品 MOD13Q1(16 天合成, 250m 空间分辨率),包括 NDVI 和 EVI 数据。其他辅助专题数据主要包括相应比例尺的土地利用图、草地类型图、植被类型图、土壤类型图及全国 1:25 万 DEM 数据等。

制图的总体思路是^[23]:在大比例尺土地利用类型控制下采用辅助遥感自动分类信息,运用人机交互分析等多种方法实现全国土地覆盖遥感制图。首先,利用 2005 年全国 1:10 万土地利用数据作为图像分析判读的基础数据,土地利用数据库中的耕地、建设用地、水体、沙漠、戈壁、冰川和永久积雪等类型,根据分类内容的对应关系直接转换成土地覆盖的相应类型;对于无法直接转换的类型,可获得主要土地覆盖类型的位置和边界,如森林、草地、

表 1 基于陆地生态系统特点的遥感土地覆盖分类系统

Tab. 1 The land cover classification system of remote sensing considering terrestrial ecosystem

一级类型	二级类型	编码	含 义
森林	常绿针叶林	11	郁闭度>30%,高度>2m 的常绿针叶天然林和人工林
	常绿阔叶林	12	郁闭度>30%,高度>2m 的常绿阔叶天然林和人工林
	落叶针叶林	13	郁闭度>30%,高度>2m 的落叶针叶天然林和人工林
	落叶阔叶林	14	郁闭度>30%,高度>2m 的落叶阔叶天然林和人工林
	针阔混交林	15	郁闭度>30%,高度>2m 的针阔混交天然林和人工林
	灌 丛	16	郁密度>40%,高度>2m 的灌丛和矮林
草地	草甸草地	21	覆盖度>30%,以草本植物为主的各类草地
	典型草地	22	覆盖度在 10%~30%,以旱生草本为主的草地
	荒漠草地	23	覆盖度在 5%~10%,以强旱生植物为主的草地
	高寒草甸	24	覆盖度在>20%,以高海拔寒生植物为主的草地
	高寒草原	25	覆盖度在>20%,以高海拔旱生植物为主的草地
	灌丛草地	26	草地中灌丛覆盖度<40%,灌丛高度<2m
农田	水 田	31	有水源保证和灌溉设施,在一般年景能正常灌溉,用以种植水稻、莲藕等水生农作物的耕地,包括实行水稻和旱地作物轮种的耕地
	水浇地	32	有水源和灌溉设施,在一般年景下能正常灌溉的耕地;以种菜为主的耕地;正常轮作的休闲地和轮歇地
	旱 地	33	无灌溉水源及设施,靠天然降水生长作物的耕地
聚落	城镇建设用地	41	包括城镇、工矿、交通和其他建设用地
	农村聚落	42	包括农村居民点、定居放牧点等
湿地/水体	沼 泽	51	植被覆盖度高的湿生草地以及地势平坦低洼、排水不畅、长期潮湿多积水且表层生长湿生草本植被的土地
	近海湿地	52	各种近海及海岸的海涂、珊瑚礁、红树林沼泽等
	内陆水体	53	陆地上各种淡水湖、咸水湖、水库及坑塘、河流
	河湖滩地	54	河流沿岸或湖泊周边的滩地,包括边滩、心滩等
	冰 雪	55	冰川、永久积雪(雪被)
荒漠	裸岩	61	地表以岩石或石砾为主、植被覆盖度在 5%以下的荒漠及戈壁、裸露石山等无植被地段
	裸地	62	地表为土质、植被覆盖度在 5%以下的裸土地、盐碱地等无植被地段
	沙漠	63	植被覆盖度在 5%以下的沙地、流动沙丘

农田等,构成土地覆盖基础底图的基本框架数据,这样遥感自动分类只涉及图斑属性的分类,而不需考虑图斑的位置和边界,既能提高制图效率,又能保证较高的制图精度。另外,利用遥感自动分类方法,实现森林、草地的二级类,以及农田类型中的水浇地、旱地的自动分类。

3 鄱阳湖地区 1:25 万土地覆盖分类的精度验证评价

3.1 实地验证的区域与路线

鄱阳湖是中国最大的淡水湖泊,位于江西省北

部,长江中下游南岸,地理坐标 115°49.7′~116°46.7E,28°24′~29°46.7N。湖体南北长约 173km,东西平均宽度 16.9km,最宽处约 74km;入江水道最窄处的屏峰卡口,宽约 2.8km;湖岸线总长 1200km。湖面以松门山为界,分为南北两部分:南部宽广,为主湖区;北部狭长,为湖水入长江水道区。北部与长江相连,其余三面环山,而且有赣、抚、信、饶、修五河入湖。

2011 年 8 月 6 日-8 月 12 日在鄱阳湖地区 15 个县(市)进行了为期一周的野外考察,对 2005 年中国 1 : 25 万土地覆盖遥感制图精度进行实地验

证。在全国 1 : 25 万土地覆盖遥感制图的 6 大类、25 小类中,鄱阳湖地区土地覆盖类型包括 6 个大类、19 个小类。因此,在该地区进行土地覆盖遥感制图精度的野外验证具有一定的代表性。本次考察的路线为:南昌-进贤-新建(南)-安义-永修-德安-星子-九江-湖口-彭泽-都昌-鄱阳-余干-新建(北)-南昌。

3.2 实地验证采样内容

本次野外考察的主要目的是对全国 1 : 25 万土地覆盖数据在鄱阳湖地区的遥感制图精度进行验证评估。野外考察采样工作的主要内容包括:

(1) 定点验证

定点验证就是对全国 1 : 25 万土地覆盖数据(2005 年)进行定位和定性的验证,即判断一个确定点的实际土地覆盖类型与土地覆盖遥感制图中相应点位的土地覆盖类型是否一致,而不验证类型边界的准确性。

首先,结合 2005 年鄱阳湖地区的 Landsat TM 影像数据,记录该地区的土地覆盖类型可能错分的样点,每个样点记录的信息包括:定位点的编号、地名、经度、纬度、遥感影像截图、原土地覆盖分类、野外验证土地覆盖分类、现场照片(编号)和照片简要说明 9 项(表 2);然后,将样点的验证信息以统一的格式存储成电子文档手簿并打印,作为野外定点验证的基础资料;最后,待野外定点验证结束后,将定点验证信息文档进行完善,为全国 1 : 25 万土地覆盖制图在鄱阳湖地区的精度验证提供参考资料。

表 2 定点验证野外调查记录

Tab. 2 Record of field survey for validation of fixed points									
定位点基本信息			遥感影像		样点土地覆盖类型		照片	照片	
编号	地名	经度	纬度	截图	原类型	实地类型	编号	说明	

(2)GPS 点的采集

实地样点选择和 GPS 定位的基本原则是:实地样点在分类系统中具有典型性和代表性;样点的实际土地覆盖类型单一、面积尽可能大(大于 1km×1km),并尽可能涉及所有土地覆盖类型;GPS 定位点位于样点中且离该类型边界的距离不小于 100m。

根据上述原则,在选定的点位处利用 GPS 定位仪进行地理坐标的三维定位,并按照表 3 格式记录

采集到的土地覆盖 GPS 点信息。

表 3 野外调查 GPS 点记录表

Tab. 3 Record sheet of field survey for GPS points									
基本信息			GPS 点信息			GPS 点土地覆盖类型			照片
日期	天气	记录人	地名	经度	纬度	高程	一级类	二级类	相关说明

(3)解译标志的建立

建立解译标志的要求是类型覆盖范围要足够大,这样不仅能够真实反映该类型的典型特征,且有利于地物在影像上的准确识别。

按照上述要求选定解译标志区后,使用手持 GPS 确定标志区的位置,并尽可能详细记录标志点所在的区域信息(表 4),如地物的分布情况、地物所处地形等;同时拍摄该标志点地面实地照片,便于将影像和实际地面要素建立关联,从而表征遥感影像解译标志的真实性和直观性,利于用户对解译标志的理解。

表 4 遥感解译标志记录表

Tab. 4 Record form for key of remote sensing interpretation									
土地	基本信息					拍照	照片	景观	
覆盖类型	日期	天气	编号	地名	经度	纬度	高程	方向	编号说明

本次野外考察范围覆盖鄱阳湖地区的 3 个市、15 个县,共采集土地覆盖样点 287 个,其空间分布如图 1 所示。

4 验证方法与结果分析

4.1 验证方法

以野外采集样点的经度、纬度为坐标建立土地覆盖样点数据(Point Coverage),其属性信息为样点的实际土地覆盖类型,将该样点数据与 1 : 25 万土地覆盖数据(Polygon Coverage)进行叠加,并利用分层次评估法,即分别在土地覆盖一级类和二级类两个分类尺度上,分析比较样点数据 Point Coverage 中每个样点的实际土地覆盖类型与其所在多边形的制图类型是否一致。如果 Point Coverage 中每个样点的实际土地覆盖类型与其所在多边形的制图类型一致,得 1 分;否则,得 0 分。最后,分

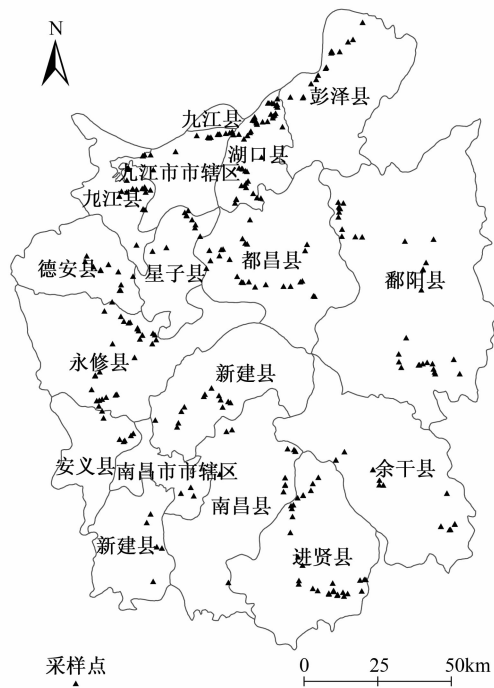


图 1 鄱阳湖地区土地覆盖验证样点分布图
Fig. 1 Distribution of land cover sampling sites in Poyang Lake area

别在一级类和二级类尺度上,用实际得分除以样点总数(分),就可以分别得到两个分类尺度上的土地覆盖总体制图精度及各类型的制图精度。对比结果记录格式如表 5 所示。

表 5 样点实际土地覆盖类型与制图类型对比结果
Tab. 5 Comparison between land cover categories by field survey and by remote sensing mapping

样点编号	制图类型	实际类型	一致性 (类型一致/类型不一致)	得分 (1/0)
------	------	------	---------------------	-------------

4.2 验证结果

4.2.1 一级土地覆盖类型的制图精度

根据上述验证方法,对于鄱阳湖地区的 287 个样点,在一级类分类尺度上的总体制图精度为 61.67%。其中,每个一级土地覆盖类型的制图精度如下:

- (1)森林样点 20 个,得分 16 分,制图精度为 80.0%;
- (2)草地样点 4 个,得分 0 分,制图精度为 0;
- (3)农田样点 124 个,得分 122 分,制图精度为

- 98.4%;
- (4)聚落样点 120 个,得分 20 分,制图精度为 16.7%;
- (5)湿地/水体样点 19 个,得分 19 分,制图精度为 100%。

验证结果表明,不同土地覆盖类型的制图精度由高到低分别为湿地/水体>农田>森林>聚落>草地,而且前 3 种土地覆盖类型的制图精度均在 80%以上(图 2)。

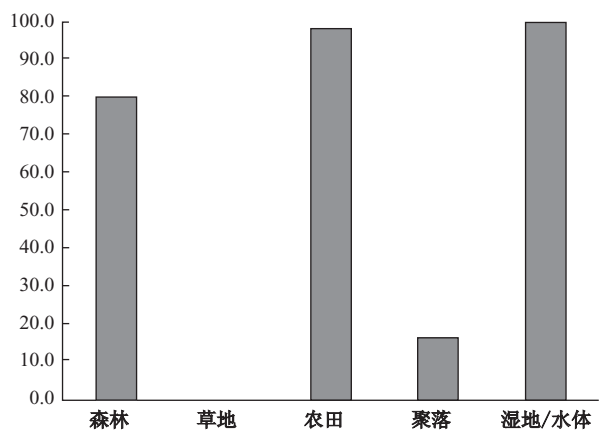


图 2 一级土地覆盖类型的制图精度
Fig. 2 Mapping accuracy of level-1 land cover categories

4.2.2 二级土地覆盖类型的制图精度

对于鄱阳湖地区的 287 个土地覆盖样点,在二级类分类尺度上的总体制图精度为 44.25%。其中,每个二级土地覆盖类型的制图精度如图 3 所示(地类编码见表 1,下同)。

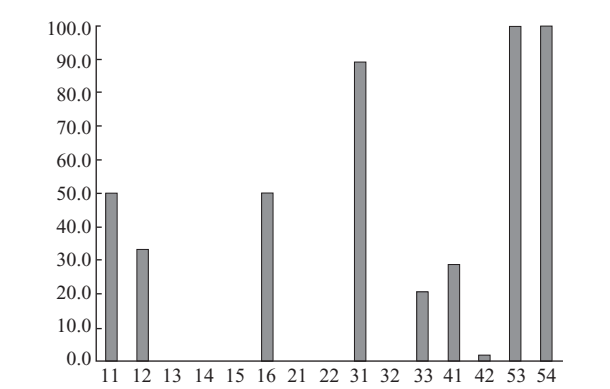


图 3 二级土地覆盖类型的制图精度
Fig. 3 Mapping accuracy of level-2 land cover categories

从图 3 可以看出,落叶针叶林(13)、落叶阔叶林(14)、针阔混交林(15)、草甸草地(21)、典型草地(22)和水浇地(32)的制图精度为 0;农村聚落(42)

的精度不足 2%;旱地(33)和城镇建设用地(41)的制图精度在 20%~30%;常绿阔叶林(12)的精度为 33.3%;其他土地覆盖类型二级类(如常绿针/阔叶林和水田)的制图精度均在 50%以上,其中内陆水体(53)和河湖滩地(54)的精度高达 100%。

4.3 验证结果分析

在被验证的 5 个一级土地覆盖类中,制图精度最高的是湿地/水体,农田和森林次之,聚落制图精度再次之,草地类型的最低。具体分析如下:

(1)湿地/水体。根据全国 1:25 万土地覆盖遥感制图的技术方案可知,湿地/水体信息是直接由 1:10 万土地利用数据转换得到的,不存在再次

分类的问题,而且湿地/水体在遥感影像上易于判读,基本上不存在错分的情况。

(2)农田。农田、森林和草地的相关信息是从 1:10 万比例尺土地利用数据转换后进行二级分类得到的,在二级分类的过程中必然会产生误差,因此,分类精度也会有所降低。鄱阳湖地区农田类型一级类的制图精度高达 98.4%,二级类型中的水田、水浇地和旱地的制图精度分别为 89.2%、0 和 21.1%。该地区农田类型二级类的制图误差主要来源于该类型中的水田、水浇地和旱地之间的误分较多(图 4,图 5)。其中,7 个水田样点被误分成旱地,2 个水田样点被误分成水浇地,29 个旱地样点被误分成水田,还有 2 个水浇地样点被误分成水田。

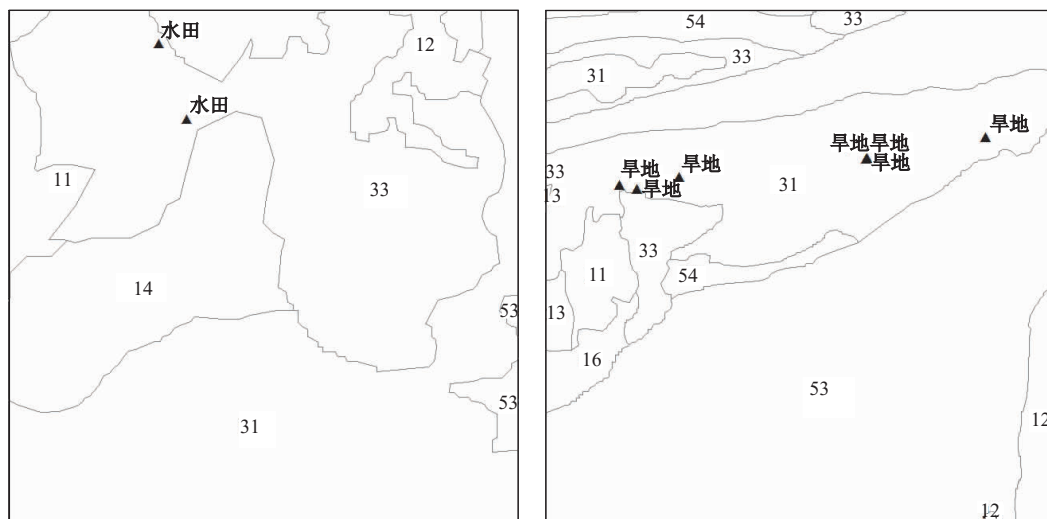


图 4 水田和旱地类型间的误分

Fig. 4 Misclassification between paddy field and dry land

注:▲和汉字代表样点及其土地覆盖类型,多边形内的数字代表遥感制图的土地覆盖类型(下同)

(3)森林。一级森林类型的分类错误率较高,为 20%,二级类中除常绿针叶林和灌丛的制图精度达到 50%外,其余类型的制图精度均不足 35%。森林类型误差的主要来源是:在一级类之间,4 个森林样点被误分为农田;在森林二级类中,2 个常绿阔叶林样点被误分为落叶针叶林,2 个常绿阔叶林样点被误分为灌丛;还有几个落叶针叶林和落叶阔叶林之间相互误分的情况。

(4)聚落。基本上是直接从 1:10 万土地利用数据转换得到的,但是聚落与其他土地覆盖类型的界线较模糊。鄱阳湖地区一级聚落类型的制图精度仅有 16.7%。实地调查发现,该地区整体的景观格局是居民点与农田交错出现,特别是农村居民

点。对比聚落样点的实际土地覆盖类型与 1:25 万遥感制图的土地覆盖类型可以发现,有 123 个聚落样点被误分为农田(图 6)。这可能是由于该地区农村聚落的空间分布零散并与农田交错,在 1:25 万数据尺度上被综合概括到成片的农田类型所致。

(5)草地。4 个草地样点都被误分成湿地、水体类型(图 7)。具体来说,有 2 个典型草地样点和 1 个草甸草地样点被误分为内陆水体,1 个草甸草地样点被误分成河湖滩地。被误分的原因可能是:由于 4 个草地样点均落于鄱阳湖水体周围,季节变化引起了水位变化,从而导致水体周边的土地覆盖类型也发生变化。



图 5 水田和水浇地类型间的误分

Fig. 5 Misclassification between paddy field and irrigated land

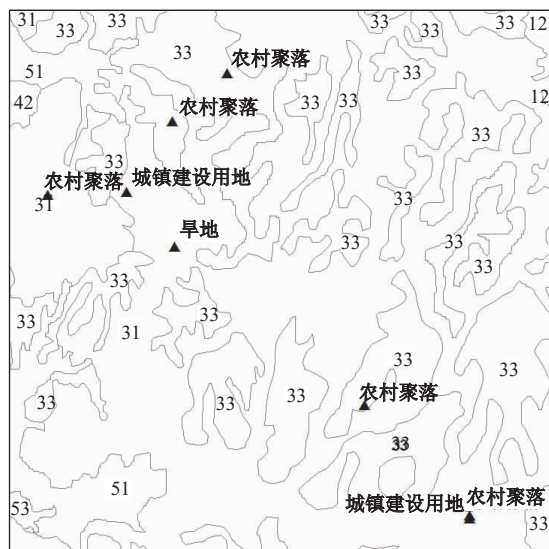


图 6 聚落样点被误分为农田

Fig. 6 Samples of settlement misclassified into farmland



图 7 草地样点被误分为湿地、水体类型

Fig. 7 Samples of grassland misclassified into wetland/water body

5 结论与讨论

通过实地验证发现,鄱阳湖地区的土地覆盖类型以湿地/水体、农田和森林为主,全国 1 : 25 万土地覆盖遥感制图基本上反映出该地区的土地覆盖状况。本文利用剔除时间因素影响的包括定点验证、GPS 及解译标志 3 种类型的共 287 个土地覆盖样点,对 2005 年左右全国 1 : 25 万土地覆盖遥感制图的精度进行了验证。结果显示:土地覆盖一级类型和二级类型的总体制图精度分别为 61.67% 和 44.25%。其中,湿地/水体的制图精度达到 100%,

农田的制图精度高达 98.4%,森林的制图精度为 80%,草地和聚落的精度较低,不足 20%。

同时,本次野外实地验证也发现了一些问题,主要包括:

(1)土地覆盖类型误分的情况主要有:将森林解译成农田,落叶阔叶林解译成落叶针叶林,以及农田类型中水田、旱地和水浇地之间的相互误分等。产生这些问题的主要原因是,这些土地覆盖类型具有一定的过渡性,边界不像聚落那么明显,足见,仅依靠遥感信息精确区分它们还有一定的难度。

(2)草地样点过少。本次采集的草地类型样点

仅有4个,用来进行土地覆盖数据的精度验证存在明显的不足。

此外,本研究只验证了土地覆盖类型中的5个一级类,没有对荒漠类型进行实地验证,今后尚需补充该类型的数据验证,以便完善全国1:25万土地覆盖遥感制图精度验证的内容。但是,土地覆盖分类精度的验证方法可以推广到其他相关的精度验证工作中,而且为了做好全国范围内1:25万土地覆盖遥感制图精度的验证工作,以后还需要在全国不同地域选择不同类型的验证区,以进一步增强验证结果的代表性和可行性。

致谢:感谢江西师范大学的赵安教授在考察中的指导,以及中国科学院地理科学与资源研究所的杨飞博士、中国矿业大学(北京)的冉盈盈和张永杰等同学的帮助。

参考文献:

- [1] Crutzen P J, Andreae M O. Biomass burning in the tropics-Impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles[J]. *Science*, 1990, 250(4988): 1669 - 1678.
- [2] Henderson-Sellers A, Wilson M F. Surface albedo data for climatic modeling[J]. *Rev Geophys*, 1983, 21(8): 1743 - 1778.
- [3] Keller M, Jacob D J, Wofsy S C, *et al.* Effects of tropical deforestation on global and regional atmospheric chemistry[J]. *Climatic Change*, 1991, 19(1 - 2): 139 - 158.
- [4] Meyer W B, Turner B L. Changes in land use and land cover: a global perspective[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1994, 3.
- [5] Douglas I. Hydrological investigations of forest disturbance and land cover impacts in South-East Asia: a review[J]. *Philos T R Soc B*, 1999, 354(1391): 1725 - 1738.
- [6] Chapin F S, Zavaleta E S, Eviner V T, *et al.* Consequences of changing biodiversity[J]. *Nature*, 2000, 405(6783): 234 - 242.
- [7] Colwell R N. Manual of photographic interpretation. Washington DC: American Society of Photogrammetry, 1960: 342.
- [8] Arino O, Gross D, Ranera F, *et al.* GlobCover: ESA service for Global land cover from MERIS[J]. *International Geoscience and Remote Sensing*, 2007, 2412 - 2415.
- [9] Bartalev S A, Belward A S, Erchov D V, *et al.* A new SPOT4-VEGETATION derived land cover map of Northern Eurasia[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24(9): 1977 - 1982.
- [10] Friedl M A, McIver D K, Hodges J C F, *et al.* Global land cover mapping from MODIS: algorithms and early results[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 83(1): 287 - 302.
- [11] Hansen M C, Defries R S, Townshend J R G, *et al.* Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, 21(6 - 7): 1331 - 1364.
- [12] 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.
- [13] Nowak D J, Greenfield E J. Evaluating the national land cover database tree canopy and impervious cover estimates across the conterminous United States: a comparison with photo-interpreted estimates[J]. *Environmental Management*, 2010, 46(3): 378 - 390.
- [14] 刘纪远, 庄大方, 张增祥, 等. 中国土地利用时空数据平台建设及其支持下的相关研究[J]. *地球信息科学*, 2002, 4(3): 3 - 7.
- [15] 赵有松, 廖安平, 陈利军. 国家土地覆盖数据的生产与建库[J]. *测绘科学*, 2007, 32(4): 138 - 140, 98.
- [16] Townshend J R G. Global data sets for land applications from the Advanced Very High Resolution Radiometer: An introduction[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1994, 15(17): 3319 - 3332.
- [17] Hansen M C, Reed B. A comparison of the IGBP DISCover and University of Maryland 1 km global land cover products[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, 21(6 - 7): 1365 - 1373.
- [18] Bartholome E, Belward A. GLC2000: A new approach to global land cover mapping from Earth observation data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2005, 26(9): 1959 - 1977.
- [19] Liu J Y, Liu M L, Deng X Z, *et al.* The land use and land cover change database and its relative studies in China[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2002, 12(3): 275 - 282.
- [20] Liu J, Liu M, Tian H, *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(4): 442 - 456.

- [21] 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.
- [22] 刘纪远. 国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究 [J]. 遥感学报,1997,1(3):225 - 230.
- [23] 张增祥,汪潇,王长耀,等. 基于框架数据控制的全国土地覆盖遥感制图研究[J]. 地球信息科学学报,2009,11(2):216 - 224.
- [24] 廖顺宝,刘睿,尹芳. 全国 1 : 25 万土地覆被遥感制图精度在内蒙古东部的实地验证[J]. 地理研究,2011,30(3):555 - 563.
- [25] 杨冰. 基于不同分类方法土地利用/覆盖分类精度分析[D]. 内蒙古农业大学论文,2008:13 - 14.
- [26] 卢玲,李新,董庆罕,等. SPOT4-VEGETATION 中国西北地区土地覆盖制图与验证[J]. 遥感学报 2003,7(3):214 - 220,245.
- [27] Latifovic R, Olthof I. Accuracy assessment using sub-pixel fractional error matrices of global land cover products derived from satellite data[J]. Remote Sensing of Environment,2004 90(2):153 - 165.
- [28] Beaubien J, Cihlar J, Simard G, *et al.* Land cover from multiple thematic mapper scenes using a new enhancement-classification methodology[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres,1999,104(D22):27909 - 27920.
- [29] Fritz S, See L, Rembold F. Comparison of global and regional land cover maps with statistical information for the agricultural domain in Africa[J]. International Journal of Remote Sensing,2010,31(9):2237 - 2256.
- [30] Ran Y, Li X, Lu L. Evaluation of four remote sensing based land cover products over China[J]. International Journal of Remote Sensing,2010,31(2):391 - 401.
- [31] 冉有华,李新,卢玲. 四种常用的全球 1km 土地覆盖数据中国区域的精度评价[J]. 冰川冻土,2009,31(3):490 - 500.

Field Accuracy Validation of Land Cover Remote Sensing Mapping at the Scale of 1 : 250 000 in the Poyang Lake Area of China

BAI Yan^{1, 2}, WANG Juanle¹ and SONG Jia¹

(1. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Global and regional land cover data is the foundational base for studies on land surface processes and modeling and land cover remote sensing mapping is important information for supporting studies on global change and regional sustainable development. Mapping accuracy assessment has a great significance to both data producers and data users, and to some extent, it is incomplete for the study of remote sensing mapping of land cover without an accuracy validation. From 2007 to 2009, two land cover datasets of China at the scale of 1 : 250 000 in the 1980s and circa 2005 were produced jointly by eight institutes of Chinese Academy of Sciences (CAS), respectively, including Institute of Remote Sensing Applications (IRSA) and Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research (IGSNRR). In order to evaluate the accuracy of this remote sensing mapping of land cover in circa 2005, a field survey was carried out in the Poyang Lake area in August, 2011, and 321 sampling sites of land cover categories including fixed-points validation, GPS points and interpretation keys were collected. Considering the conspicuous impact of time factor on the accuracy validation of remote sensing mapping, this paper removes 34 samples relating to time differences, and takes advantage of the hierarchical assessment method to compare the actual categories of land cover in field and those in remote sensing mapping at 287 survey sites at two scales, i. e. level-1 and level-2 land cover category, respectively, and uses the scoring method for assessing the mapping accuracy, that is, one point is scored if land cover category is classified correctly, and zero if land cover category is classified incorrectly. The results show that: (1) The overall mapping accuracy of land cover data of China in the Poyang Lake area based on 287 sampling sites at the level-1 scale is 61.67%, of

which wetland/water body, farmland and forest with 19, 124 and 20 sampling sites reaches 100%, 98.4% and 80.0%, respectively. (2) The overall mapping accuracy of land cover dataset in 2005 at the level-2 category is 44.25%, of which the accuracy of two grass and three forest and one cropland level-2 categories is 0, and the very low accuracy of dry land, urban and rural settlement is 21.1%, 29.0% and 1.7%, respectively. The dataset of land cover at the scale of 1 : 250 000 in 2005 reflects the status of land cover in the Poyang Lake area well. However, there are still a lot of difficulties of different land cover categories, especially for atypical and transitional categories, such as forests and grasslands, that can be distinguished accurately only through the technology of remote sensing.

Key words: land cover; remote sensing mapping; accuracy validation; Poyang Lake