全球环境变化视角下的土地覆盖分类系统研究综述

蔡红艳[1,2],张树文[1],张宇博[3]

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所,吉林 长春 130012;
2. 中国科学院研究生院,北京 100049; 3. 吉林大学软件学院,吉林 长春 130012)

摘要:全球环境变化需要精确和最新的区域到全球尺度的土地覆盖数据集以支撑生态系统评估、生物多样性保护、气候变化研究和环境建模。然而,在土地覆盖分类数据集建立过程中,建立科学标准的分类系统至关重要,它影响着数据产品的集成与共享,数据的应用领域与范围。通过对区域尺度、全球尺度及可扩展的 FAO 土地覆盖分类系统进行评述,指出:① 目前国内外没有普遍认可并广泛应用的标准土地覆盖分类系统,这种分类系统的非标准化影响了数据产品的应用以及对土地覆盖变化的监测;② 复合特征是土地覆盖的固有属性,有效地表达与特征量化复合类型是需要不断努力去解决的问题;③ 我国迫切需要建立一套标准的土地覆盖分类系统,一方面能够与国际土地覆盖产品接轨,另一方面充分体现我国的自然环境特征。

关 键 词:全球环境变化;土地覆盖;分类系统

中图分类号:TP 79 **文献标志码**:A **文章编号**:1004-0323(2010)01-0161-07

1 引 言

全球环境变化与可持续发展研究是当前人类社会面临的两个重要挑战[1],而全球环境变化研究需要精确的和最新的区域到全球尺度的土地覆盖数据集以支撑各种科学和政策的应用[2-4],包括生态系统评估、生物多样性保护、气候变化研究和环境建模[5]。然而在土地覆盖数据集的建立过程中,确立科学标准的土地覆盖分类系统至关重要。随着全球环境变化科学问题的提出及遥感对地观测技术发展,遥感数据广泛地应用于区域到全球尺度的土地覆盖制图,而土地利用分类系统和植被分类系统已不能很好地用于遥感土地覆盖分类研究,由此提出了土地覆盖分类系统[6-8]。然而目前国际上还没有一个标准的、能够被普遍认可并广泛应用的土地覆盖分类系统,这对土地覆盖数据成果的集成与共享造成很大的不便,并影响了土地覆盖数据的应用范围与领域,本文就是在此背景下,对国内外基于大中尺度遥感数据的土地覆盖分类系统研究进展进行综述并评述了几种主要土地覆盖分类系统,最后对土地覆盖分类系统研究进行总结和展望。

2 土地覆盖的内涵及遥感土地覆盖分类的机理

土地覆盖概念产生于 20 世纪初叶,而将土地覆盖及其变化作为科学问题提出并进行系统研究与全球环境变化研究有密切关系。对于土地覆盖的概念,存在不同的理解,IGBP 在《土地利用和全球土地覆盖变化的联系核心计划》[9] 中将土地覆盖定义为:地球表面及其以下的次表面部分,包括生物群落、土壤、地形、地表水和地下水及人文结构。因此,它包含了"地球陆地表层和近地面层的自然状态,是自然过程和人类活动共同作用的结果"。FAO 将土地覆盖定义为:地球表面可被观察到的自然覆盖[10]。在《中国土地利用》一书中则指出:土地覆盖是覆盖在地面的自然物体和人工建筑物,它包括了

收稿日期:2009-04-13;**修订日期**:2009-12-17

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目"东北地区 100 年 LUCC 数字重建"(KZCX2-SW-320-1) 及科技部科技基础性工作专项项目(SB2007FY442-1-2)联合资助。

作者简介:蔡红艳(1983—),女,博士研究生,主要从事土地覆盖分类与生态环境遥感方面的研究。E-mail:chy8391@163.com。

通讯作者:张树文(1955—),男,研究员,主要从事环境与资源遥感、地理信息系统应用及土地系统变化研究。
E-mail:zhangshuwen@neigae.ac.cn。

已利用和未利用的各种要素的综合体;类似于土地利用的概念[11]。从综合体的观念出发,土地覆盖不再仅仅被看作单一的土地或植被类型,而是土地类型及其所具有的一系列自然属性和特征的综合体[12]。因此,土地覆盖是自然营造物和人工建筑物所覆盖的地表诸要素的综合体,包括地表植被、土壤、冰川、湖泊、沼泽湿地及各种建筑物,具有特定的时间和空间属性,其形态和状态可在多种时空尺度上变化,侧重于土地的自然属性。

作为地球表层系统最突出的景观标志,土地利用和土地覆盖是相互联系、相互作用的[13](图 1)。对于土地利用 IGBP 认为它是人类为获取所需的产品或服务而进行的对土地自然属性的利用目的、方式和意图[9]。FAO 把土地利用定义为由自然条件和人类干预所决定的土地功能[10]。因此,土地利用是人类根据土地的特点,按一定的经济与社会目的,对土地进行的长期性或周期性的经营活动,更侧重于土地的社会经济属性。土地覆盖的特点是土地利用方式和目的的重要基础和影响因素,而土地利用变化则是土地覆盖变化的直接驱动力。

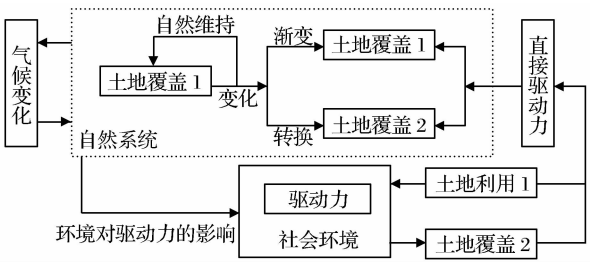

图 1 土地利用与土地覆盖之间的关系[13]

Fig. 1 The relationship of land use and land cover

土地覆盖作为陆地生态系统与人类活动作用最频繁的界面,主要表现为陆地表面的形态特性和动态变化特征[14],同时以地表覆盖物空间维、光谱维及时间维为核心的特征是土地覆盖的本质特征,也是遥感土地覆盖识别的主要依据。地表覆盖物具有发射、吸收和反射电磁波的特性并随波长而变化,遥感传感器捕捉到地物发射或反射的电磁波谱特征并将其记录下来,从而识别不同的物体。典型地物的光谱特征具有各自的特点:植被主要表现为在绿波段小的反射峰,近红外波谱段内形成高反射峰,并在短波红外波谱段内,由于叶片含水量的控制形成水的吸收带;土壤在整个波谱段内表现为低反射,并随含水量的不同而变化,干土高于湿土;雪被反射辐射大部分集中于短波光谱区,随波长增加整体呈现降低趋势;水体在红外波段强吸收,其光学特征集中表现在可见光波谱段内(如图 2)。遥感识别土地覆盖的前提便是地表覆盖物光谱特征的差异,目前用于土地覆盖识别的遥感数据根据其空间分辨能力不同可分为 3 种:以 Quickbird 为代表的高空间分辨率数据,如 IKONOS、OrbView、北京一号等;以 Landsat TM/ETM+为代表的中等空间分辨率数据,如 CBERS、SPOT HRV 等;以 NOAA AVHRR 为代表的低空间分辨率数据,如 SPOT VEGTATION 、Terra MODIS、风云一号等。

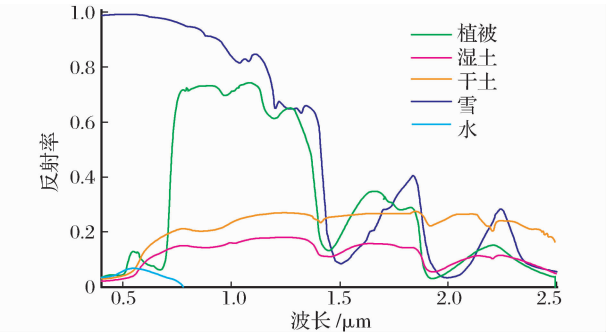

图 2 典型地物的反射波谱特征[15]

Fig. 2 Reflectance spectral characteristics of typical things

3 国内外主要土地覆盖分类系统

利用遥感技术对土地覆盖和自然景观的研究至少可以追溯到 20 世纪 20 年代。1922 年美国人 Lee 在“从空中看到的地球表面”一文中对遥感在研究自然景观和人类活动关系的可行性和重要性进行了阐述[16]。二战后,广泛的区域土地调查和制图研究主要是基于航空相片进行的。20 世纪 50 年代后人们开始探讨利用遥感资料进行大范围土地覆盖和土地利用制图的可行性,发展了适用于遥感数据的特定土地分类系统及分类方法[17]。进入 20 世纪 70 年代,随着多种卫星对地观测技术的出现和发展,使区域与全球尺度的土地覆盖制图成为可能,而且以气候变化为先导的全球环境变化研究日益深入,作为全球环境变化研究中一个重要部分——土地利用/覆盖变化越来越受到重视,但是传统上的土地利用和植被分类系统已经不能满足遥感数据的土地覆盖制图,因此学者们开始研究土地覆盖分类系统。

目前国内外主要的土地覆盖分类系统可以归纳为 3 类:区域尺度土地覆盖分类系统、全球尺度土地覆盖分类系统及可扩展的 FAO 土地覆盖分类系统。

3.1 区域尺度土地覆盖分类系统

早期区域尺度的土地覆盖遥感制图主要是以 Landsat 卫星数据为主要数据源,而随着卫星对地观测技术及数据处理技术的发展,进入 20 世纪 80

年代，以 NOAA-AVHRR 为代表的低分辨率的遥感数据也广泛应用到区域土地覆盖遥感制图。区域尺度的分类系统往往针对特定的研究目的、研究区域和研究尺度而建立。下文对国内外主要的土地覆盖分类系统进行了评述。

(1) Anderson 和美国地质调查局(USGS)土地覆盖分类系统。1971 年，美国人 James R. Anderson[18] 提出土地覆盖两级分类系统，而后在 1976 年，美国地质调查局(USGS)对 Anderson 土地覆盖分类系统进行了验证和评估，发展了适用于遥感数据的 USGS 的 Anderson 土地覆盖分类系统。该分类系统由 4 个层次分类系统构成，一级分类通过卫星遥感影像解译或数据处理获取，包括 9 种土地利用及土地覆盖类型，分别是城市建设用地、农业用地、草地、森林、水体、湿地、荒漠、苔原和永久性冰雪覆盖区。二级层次主要遥感数据源为高空和彩红外照片，三级、四级分类依据用户的需求在二级分类基础上灵活扩展确定[19]。USGS 的 Anderson 土地利用及土地覆盖分类系统提出后得到了广泛的应用，如美国建立的基于 Landsat TM 遥感数据的国家土地覆盖数据集(National Land Cover Data，NLCD)，其分类系统是由 USGS 的 Anderson 土地利用/土地覆盖分类系统发展得到的，9 个一级类和 21 个二级类[20]；作为美国国家土地覆盖数据集的第二代产品，美国的多分辨率土地特征 2001 (MRLC 2001)也是在该分类系统的基础上发展了 29 种土地覆盖类型[21,22]；Klemas[23] 等则是基于 NOAA 数据设计了等级海岸带土地覆盖分类系统，包括 3 种主要类型：高地、湿地及水体和下沉陆地，而且是对 USGS 的 Anderson 分类系统的修改，主要为 NOAA 海岸观察变化分析计划服务。

(2) 欧共体的 CORINE 土地覆盖分类系统。1985 年，欧洲委员会采纳了建立 CORINE(Coordination of Information on the Environment)计划的决定。目的是建立一种稳定和一致的欧洲土地覆盖数据库。该分类系统遵循一定的标准，在逻辑框架(图 3)的基

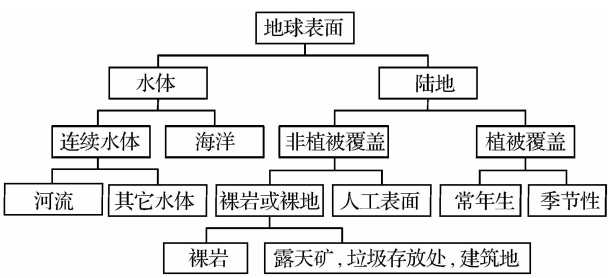

图 3　CORINE 土地覆盖分类系统的逻辑框架[29]

Fig. 3　Logic framework of CORINE land cover system

础上，发展了 CORINE 土地覆盖分类系统，包括 5 个一级类，分别为人造区域、农业区、森林和半自然区、湿地和水体，15 个二级类和 44 个三级类[24]，并在欧洲各国进行了实践[25-28]。

USGS 的 Anderson 土地覆盖分类系统总体上来说采用分级分类系统，层次清晰，比较灵活，用户可以根据需要在二级分类的基础上进行灵活的扩充，但是在第一级类别的定义上兼顾考虑了土地利用形式和土地自然生态背景，使得类型间容易混淆，尤其是进行下一级分类时，类型间可能存在交叉。而 EC-CORINE 分类系统比较适用于欧洲这种地表覆盖度较高的区域，且分类原则比较严格，体系清楚，但缺乏对土地覆盖类别的明确定义，而且缺少混合自然植被。

我国在 20 世纪 30 年代开始进行土地利用问题研究，进入 50～60 年代进行农用地的分等定级，但早期的土地分类趋于前苏联景观学派的土地分级方法。20 世纪 80 年代以后，遥感技术广泛应用于土地利用的分类，建立了土地资源和土地利用的分类体系，而随着全球环境变化科学问题提出与研究日益深化，应用大中尺度遥感数据进行区域土地覆盖制图快速发展起来。下文对国内主要的土地覆盖分类系统进行评述。

(1) 国土资源部土地利用分类系统。根据 1984 年《土地利用现状调查技术规程》及 1987 年补充规定的《规程》，全国的土地利用现状分类系统采用两级分类，一级类为 8 类，二级类为 46 类，该分类系统主要为我国土地利用现状调查、经济社会发展及国土资源管理服务。

(2) 中国科学院土地资源分类系统。1992 年，在中国科学院“八五”重大应用项目“国家资源环境遥感宏观调查与动态研究中”，刘纪远[30] 等基于遥感数据与地理信息系统，采用组合分类和构建多层地理单元技术，依据一定的分类原则，主要从土地资源角度建立了具有土地资源分类及生态背景信息的中国资源环境数据库，设计了一套基于 30 m 空间分辨率的 Landsat TM 遥感数据的二级土地利用分类系统，包括 6 个一级类：耕地、林地、草地、水域、城市用地及未利用地和 25 个两级类。

同时我国也积极参加国际土地覆盖研究计划，应用大尺度遥感数据进行土地覆盖的分类研究，中国科学院遥感应用研究所在参加 GLC2000 的计划时，发展了基于 SPOT-VEGTATION 数据的 22 种中国土地覆盖分类系统，该分类系统是以 FAO 土地覆盖分类系统为基础，适当进行调整得到[31]。刘

勇洪[6]等在阐述国内外主要土地覆盖分类系统的基础上，设计了基于 MODIS 数据的中国土地覆盖分类系统，包括 7 个大类和 22 个二级类别，并进行了应用研究。潘耀忠[32]等利用 NOAA-AVHRR 的 NDVI 时序列数据并结合气候综合指标可能蒸散提高分类精度，将中国土地覆盖分为 7 个一级类和 47 个二级类，该分类系统主要是参照了中国植被编码体系，并加入了复合类型。

我国学者也不断挖掘对土地覆盖内涵的理解，试图从这个角度诠释土地覆盖分类的表达。如 Wang[33]等从国家尺度、区域尺度、县尺度及乡村尺度设计了中国土地覆盖分类系统，包括农业用地、林地、自然草地、建筑地、水体、湿地和裸地 7 个国家尺度类，27 个区域尺度类和 43 类县尺度类，但该分类系统的灵活性还有待验证。汪权方[14]等则是以地表覆盖物的光谱特征为基础，通过地表覆被物的季节性变化特征值量化分类的标准，并考虑地表覆盖物的组合特性划分土地覆被类型，为土地覆盖的遥感分类系统研究提供了一个新的思路。并以开放式鄱阳湖流域为例设计了土地覆被分类系统，该系统分为 7 个一级类，分别为：常绿覆被，季节性绿色覆被Ⅰ(木本)，季节性绿色覆被Ⅱ(草本)，季节性绿色覆被Ⅲ(作物)，季节性绿色植被Ⅳ(作物)，灰色覆被，蓝色覆被，和 20 个二级类。该分类系统摆脱了当前土地覆盖分类系统普遍由植被分类与土地利用分类发展而来的状况，为遥感数据的土地覆盖分类系统研究提供了一个新的思路。然而如何有效地去量化复合类型的特征及科学的命名仍然是需要不断克服的难点，以及这种新思路下的土地覆盖分类系统是否能够在更大尺度乃至全球范围上推广仍是值得商榷的问题。

3.2 全球尺度土地覆盖分类系统

从 20 世纪 80 年代开始，美国开始致力于全球土地覆盖数据集的建立，然而最初的全球土地覆盖数据集：1982 年的 Olson 和 Watts 数据集[34]，1983 年的 Matthews 数据集[35]及 1985 年的 Wilson 和 Henderson-Sellers 数据集[36]，是对已有地图的编译，获得的数据集时效性较差，而且需要对已有地图的分类系统与需要的分类系统进行转换，分别采用了联合国教科文组织(UNESCO)分类系统(32 类)，Olson 全球生态系统分类系统(49 类)以及 53 类的植被分类系统，这些分类系统也为后期形成基于遥感数据的土地覆盖分类系统奠定了基础。进入 20 世纪 90 年代，随着人们对于全球环境变化科学的逐渐关注，以 NOAA-AVHRR 影像为代表的低空间分辨率对地观测数据越来越受到人们重视。马里兰大学(UMD)与 USGS 先后建立了 1°、8 km 和 1 km 的全球土地覆盖数据集[34,37-39]，分别设计了 17 类 IGBP 分类系统和根据 IGBP 分类系统修改的 14 类马里兰大学分类系统，同时其它组织机构也致力于全球土地覆盖数据集建设，欧洲委员会联合研究中心(Joint Research Center of the European Commission，EC-JRC)联合 30 多个合作机构建立全球土地覆盖数据集 2000(Global Land Cover 2000，GLC2000)，该数据集采用灵活的分类系统，由世界粮农组织(FAO)的土地覆盖分类系统和联合国环境计划发展得到[5,40]。这些分类系统大多是基于 NOAA-AVHRR 及 SOPT-VEGETATION 遥感数据而设计，而 Terra-MODIS 的出现，在光谱分辨率、空间分辨率上都有了很大的提高，地物的识别能力增强，同时基于 MODIS 数据生成的土地覆盖产品也应运而生，MODIS 土地覆盖数据产品主要使用了 IGBP 分类系统，并结合了其它的分类系统，如马里兰大学分类系统，生物地球化学生物系统(BioGeo-Chemical biome scheme)，叶面积指数/有效光合辐射分类系统。下文对几种主要全球土地覆盖分类系统进行评述。

IGBP 土地覆盖分类系统：美国地质调查局，内布拉斯加州林肯大学及欧洲委员会联合研究中心为满足 IGBP 核心科学计划的需要，建立了 IGBP-DISCover 1 km 土地覆盖数据集，以 NOAA-AVHRR 12 幅月最大值合成 NDVI 为数据源，采用非监督聚类分类方法将全球分为 17 种土地覆盖类型[34]，该分类系统的建立主要为全球尺度环境变化研究服务，而且对各个类别进行详细的描述。

UMD 土地覆盖分类系统：马里兰大学先后建立 1°、8 km 和 1 km 全球土地覆盖数据集，均以 NOAA-AVHRR 数据为主要数据源。UMD 1°全球土地覆盖数据集，以 12 幅月最大值合成 NDVI 为主要数据源，采用最大似然监督分类方法将全球分为 11 种土地覆盖类型[39]。UMD 8 km 全球土地覆盖数据集利用 10 d 合成的 NDVI 和 NOAA-AVHRR 的 5 个通道数据，采用监督决策树分类方法进行全球土地覆盖分类，土地覆盖类别为 13 类[37]。UMD 1 km土地覆盖数据集建立是利用 NOAA-AVHRR NDVI 和 5 个波段生成 41 维时序列影像，并引入监督决策树分类方法将全球分为 14 种土地覆盖类型。随着利用 NOAA-AVHRR 影像空间分辨率的提高，土地覆盖识别能力也在增强，由 UMD 1°土地覆盖数据集的 11 种覆盖类

型发展到 14 种,但总体上来说 UMD 分类系统与 IGBP 分类系统大体一致,只是去除了一些类别,可以说是一种简化的 IGBP 分类系统。

3.3　可扩展的 FAO 土地覆盖分类系统

虽然有必要建立一个标准的土地覆盖分类系统,但目前世界上还没有一个分类系统能够被国际广泛接受。世界粮农组织 FAO 试图建立一个标准、灵活、全面的分类系统。该分类系统是一种等级分类系统,建立过程主要分两个阶段,第一阶段是一分为二的阶段,区分主要的 8 种土地覆盖类型,第二阶段是模块化分级分类阶段,根据土地的环境属性(如气候、地形、海拔、土壤、岩性和侵蚀等)及具体的技术属性(如作物类型、植物季相、盐度等)进行土地覆盖类型的进一步细分[10]。

表 2　FAO 土地覆盖分类系统[10]

Table 2　FAO land cover classification system

原生植被				非原生植被			
陆地		水域或规则洪泛区		陆地		水域或规则洪泛区	
人为耕作区	半自然植被区	水域耕作区	半自然水域植被区	人为陆地表面	贫瘠区	人为水体、雪和冰区	自然水体、雪和冰区

FAO 分类系统是一个逐级分层分类的系统,采用预先定义的分类器,用户可以根据自己的需要添加属性获得分类,这体现了它灵活的特点。同时它能够考虑分类指标,并能够涵盖所有可能的组合,而且按照各层级体系和给定的指标划分,不同人会得到相同的结果,这体现了它的全面与标准的特征。然而该分类系统中没有考虑地球表面普遍存在的复合类型问题,如森林的砍伐、草地的退化这些类型的出现已经改变了陆地生态系统过程,同样需要人们的关注。

4　结　语

(1) 现存的土地覆盖的分类系统并没有在全球范围内达到普遍的共识并广泛应用,分类系统的非标准化,必然影响土地覆盖分类数据集的集成、共享及有效的应用,如在对全球土地覆盖数据集的比较过程中就发现影响土地覆盖数据差异的一个主要原因就是土地覆盖分类系统的不统一[41]。而且目前的土地覆盖分类系统大多为特定目的、特定数据源或特定研究尺度所设计,使其应用领域受到限制,另一方面不能对土地覆盖变化进行有效的监测,土地覆盖变化采取两种形式:从一种类型转变成另一种类型(如从森林到草原),在一种类型内的转变(如从耕作区到密集耕作区)[10]。而任何形式的土地覆盖的变化,都能改变生物多样性,真实的和潜在的初级生产力,土壤质量等陆地表层的性质[42],但即便是各方面性能比较优越的 FAO 土地覆盖分类系统,也没有很好地监测土地覆盖类型内的变化。

(2) 遥感监测的土地覆盖复合类型覆盖普遍存在。一方面在于地球表面覆盖组成的复杂性,很难有真正意义上的纯地类,复合类型是土地覆盖的固有属性。另一方面,遥感监测的空间识别能力有限,必然会带来混合像元的存在,而随着遥感数据空间分辨率的提高识别复合地物及细小地物的能力也有所增强。在 IGBP 土地覆盖分类系统中,也提出了农田/其它植被的镶嵌,但这种分类系统针对的全球范围,类型较为粗略。国内汪权方等提出基于地物光谱特征的土地覆盖分类系统,考虑到复合类型的存在,但此研究仅是在鄱阳湖流域的一种初探,分类系统还不够成熟,能否在更大尺度上进行推广还值得商榷,但仍为土地覆盖分类系统的研究提供了一种新思路,所以说复合类型的表达及特征的量化是土地覆盖分类系统研究需要不断努力去解决的问题[14]。

(3) 现有全球土地覆盖数据产品在中国的表现并不理想,说明这些分类产品很难有效地应用到我国的实际研究中[43,44],而目前我国也并没有统一的土地覆盖分类系统,造成分类产品的适用性受到影响,因此我国迫切需要建立一套适合我国实际情况的标准土地覆盖分类系统,从而建立相应的土地覆盖数据库,一方面与国际土地覆盖数据接轨,另一方面应该能够充分反映我国的自然环境特征,从而更好地为全球环境变化研究以及区域生态研究服务。

参考文献:

[1] Li Jiayang, Chen Banqin, Ge Quansheng, *et al*. Global Change and Human Activities: Priorities of the Global Change Research in Next Phase in China[J]. Advances in Earth Science, 2005, 20(4): 371-377. [李家洋,陈半勤,葛全胜,等. 全球变化与人类活动的相互作用—我国下阶段全球变化研究工作重点[J]. 地球科学进展, 2005, 20(4): 371-377.]

[2] Wardlow B D, Egbert S L, Kastens J H. Analysis of Time-series MODIS 250 m Vegetation Index Data for Crop Classification in the U. S. Central Great Plains[J]. Remote Sensing of

Environment,2007,108:290-310.

[3] Zhan X,Sohlberg R A,Townshend J R G,*et al*. Detection of Land Cover Changes Using MODIS 250m Data[J]. Remote Sensing of Environment,2002,83:336-350.

[4] Mucher 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.

[5] Chandra G,Zhiliang Z,Bradley R. A Comparative Analysis of the Global Land Cover 2000 and MODIS Land Cover Data Sets[J]. Remote Sensing of Environment,2005,94:123-132.

[6] Liu Yonghong,Niu Zheng,Xu Yongming,*et al*. Design of Land Cover Classification System for China and Its Application Research Based on MODIS Data[J]. Transactions of the CSAE,2006,22(5):99-104.[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.]

[7] Gong Pan,Chen Zhongxin,Tang Huajun,*et al*. Progress of the Research on Classification System of Land Vegetation[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2006,27(4):35-40.[宫攀,陈仲新,唐华俊,等.土地覆盖分类系统研究进展[J].中国农业资源与区划,2006,27(4):35-40.]

[8] Niu Zheng,Wang Changyao. Remote Sensing Applications for Carbon Cycle[M]. Beijing:Science Press,2008.[牛铮,王长耀.碳循环遥感基础与应用[M].北京:科学出版社,2008.]

[9] Turner B L Ⅱ,Skole D,Fisher G,*et al*. Land Use and Land Cover Change:Science/Research Plan[R]. IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7,1995,Stockholm and Geneva.

[10] Di Gregorio A,Jansen L J M. Land Cover Classification System(LCCS):Classification Concepts and User Manual[R]. FAO,2000.

[11] Wu Chuanjun,Guo Huancheng. Land Use in China[M]. Beijing:Science Press,1994.[吴传钧,郭焕成.中国土地利用[M].北京:科学出版社,1994.]

[12] Yang Limin,Zhu Zhiliang. The Status and Expectation of Global and Local Land Cover and Land Use RS Research[J]. Journal of Natural Resources,1999,14(4):340-344.[杨立民,朱智良.全球及区域尺度土地覆被土地利用遥感研究的现状和展望[J].自然资源学报,1999,14(4):340-344.]

[13] Zhang Shuwen,Zhang Yangzhen,Li Ying,*et al*. Analysis of Spatial-temporal Characteristics of Land Use/Land Cover in Northeast China[M]. Beijing:Science Press,2006.[张树文,张养贞,李颖,等.东北地区土地利用/覆被时空特征分析[M].北京:科学出版社,2006.]

[14] Wang Quanfang,Li Jiayong,Chen Baiming. Land Cover Classification System Based on Spectrum in Poyang Lake Basin[J]. Acta Geographica Sinica,2006,61(4):359-368.[汪权方,李家永,陈百明.基于地表覆盖物光谱特征的土地覆被分类系统——以鄱阳湖流域为例[J].地理学报,2006,61(4):359-368.]

[15] Sun Huasheng. Extracting Planting Area and Growth Information of Paddy Rice Using Multi-temporal MODIS Data in China[D]. Zhejiang University of China,2009.[孙华生.利用多时相MODIS数据提取中国水稻种植面积和长势信息[D].浙江大学,2009.]

[16] Lee W T. The Face of the Earth as Seen from the Air:A Study in the Application of Airplane Photography to Geography[M]. New York:American Geographical Society,Special Publication 4,1922.

[17] Zhao Yingshi. Theory and Method of Remote Sensing Application Analysis[M]. Beijing:Science Press,2003.[赵英时.遥感应用分析原理与方法[M].北京:科学出版社,2003.]

[18] Anderson J R. Land Use Classification Schemes Used in Selected Recent Geographic Applications of Remote Sensing[J]. Photogrammetric Engineering,1971,37(4):379-387.

[19] Anderson J R,Hardy E E,Roach J T,*et al*. A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data,A Revision of the Land Use Classification System as Presented in U. S. Geological Survey Circular 671[Z]. Washington:United States Government Printing Office,1976.

[20] Vogelmann J E,Howard S M,Yang L M,*et al*. Completion of the 1990s National Land Cover Data Set for the Conterminous United States from Landsat Thematic Mapper Data and Ancillary Data Sources[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,2001,67(6):650-662.

[21] Homer C,Huang C Q,Yang L M,*et al*. Development of A 2001 National Land Cover Database for the United States[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,2004,70(7):829-840.

[22] Homer C,Dewitz J,Fry J,*et al*. Completion of 2001 National Land Cover Database for the Conterminous United States[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,2007,73(4):337-341.

[23] Klemas V V,Dobson J E,Ferguson R L,*et al*. A Coastal Land Cover Classification System for the NOAA Coastwatch Change Analysis Project[J]. Journal of Coastal Research,1993,9(3):862-872.

[24] Lavalle C. Towards an Urban Atlas,Environment Issue Report 30[R]. European Environment Agency(EEA). Copenhagen,Denmark,2002:36-42.

[25] Feranec J,Otahel J,Suri M. The CORINE Land Cover Project in Slovakia[J]. Ekologia Bratislava,1995,14:49-52.

[26] Cruickshank M M,Tomlinson R W. Application of CORINE Land Cover Methodology to the UK-Some Issues Raised from Northern Ireland[J]. Global Ecology and Biogeography Letters,1996,5(4&5):235-248.

[27] Ahlcrona E. CORINE Land Cover——A Pilot Project in Sweden[J]. Sensors and Environmental Applications of Remote Sensing,1995:19-22&500.

[28] Buttner G,Steenmans C,Bossard M,*et al*. Land Cover-Land Use Mapping within the European CORINE Programme[J]. Remote Sensing for Environmental Data in Albania:A Strategy for Integrated Management,2000,72:89-100&242.

[29] Heymann Y,Steenmans Ch,Croissille G. CORINE Land Cover[Z]. Technical Guide. EUR12585,Office for Official Publications of the European Communities(Luxembourg),1994.

[30] Liu Jiyuan. Chinese Resources and Environment Remote Sensing

Macro Survey and Dynamics Study[M]. Beijing:Science and Technology of China Press,1996.[刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京:科学出版社,1996.]

[31] Xu Wenting,Wu Bingfang,Yan Changzhen,*et al*. China Land Cover 2000 Using SPOT VGT S10 Data[J]. Journal of Remote Sensing,2005,9(2):204-214.[许文婷,吴炳方,颜长珍,等. 用 SPOT-VGT 数据制作中国 2000 年度土地覆盖数据[J]. 遥感学报,2005,9(2):204-214.]

[32] Pan Yaozhong,Li Xiaobing,He Chunyang. Research on Comprehensive Land Cover Classification in China:Based on NOAA/AVHRR and Holdridge PE Index[J]. Quaternary Sciences,2000,20(3):270-281.[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.]

[33] Wang J,He T,Zhou Q,*et al*. Developing Land Use/Cover Classification System Based on Remote Sensing Data in China [J]. Remote Sensing for Environmental Monitoring,GIS Applications,and Geology Ⅳ,2004,5594:52-60,494.

[34] Loveland T R,Beed 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(6&7):1303-1330.

[35] Matthews E. Global Vegetation and Land Use:New High Resolution Data Bases for Limited Studies[J]. Journal of Climatology and Applied Meteorology,1983,22:474-487.

[36] Wilson M F,Henderson-Sellers A. A Global Archive of Land Cover and Soils Data for Use in General Circulation Models [J]. Journal of Climatology,1985,5:119-143.

[37] Fries R S DE,Hansen M,Townshend J R G,*et al*. Global Land Cover Classification at 8 km Spatial Resolution:the Use of Training Data Derived from Landsat Imagery in Decision Tree Classifiers[J]. International Journal of Remote Sensing,1998,19(16):3141-3168.

[38] 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.

[39] Defries R S,Townshend J R G. NDVI-Derived Land-cover Classifications at a Global Scale[J]. International Journal of Remote Sensing,1994,15(17):3567-3586.

[40] Bartholome E,Belward A S. GLC2000:A New Approach to Global Land Cover Mapping from Earth Observation Data [J]. International Journal of Remote Sensing,2005,26(9):1959-1977.

[41] McCallum I,Obersteiner M,Nilsson S,*et al*. A Spatial Comparison of Four Satellite Derived 1 km Global Land Cover Datasets[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,2006,8:246-255.

[42] Lambin E F,Geist H. Land Use and Land Cover Change-Local Processes and Global Impacts [M]. Berlin, Germany: Springer Press,2006.

[43] Wang Junbang. Chinese Terrestrial Net Ecosystem Productive Model Applied Remote Sensing [D]. Zhejiang University, 2004.[王军邦. 中国陆地净生态系统生产力遥感模型研究[D]. 浙江大学,2004.]

[44] Wu W,Shibasaki R,Yang P,*et al*. Validation and Comparison of 1 km Global Land Cover Products in China[J]. International Journal of Remote Sensing,2008,29(13):3769-3785.

Review of Land Cover Classification System under Global Environmental Change View

CAI Hong-yan[1,2],ZHANG Shu-wen[1],ZHANG Yu-bo[3]

(1. *Northeast Institute of Geography and Agroecology*,*Chinese Academy Sciences*,*Changchun* 130012 ,*China*;
2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences*,*Beijing* 100049,*China*;
3. *Software College of Jilin University*,*Changchun* 130012,*China*)

Abstract: The global environmental change research community requires accurate and up-to-date land cover dataset to support ecosystem assessment,biodiversity conservation,climate change and environmental modeling. It is important to establish a scientific standard classification system when we develop land cover datasets,because it can influence the integration and share of data products,as well as the application areas of the products. This paper expounds the progress of land cover classification system made in regional and global scales,as well as FAO land cover classification system. It also pointed out:① There is no unified standard classification system so far,which effects the application of data products and the detection of land cover change;② Mosaic feature is the inherent characteristic of earth surface,we should make great effort to express effectively and quantify feature of mosaic types;③ It's urgent to develop a standard land cover classification system in China which can't only be consistent with global land cover products ,but also reflect the natural environmental condition of China.

Key words: Remote sensing; Land cover;Classification system