

DOI: 10.5846/stxb201407281527

欧阳志云, 张路, 吴炳方, 李晓松, 徐卫华, 肖焱, 郑华. 基于遥感技术的全国生态系统分类体系. 生态学报, 2015, 35(2): 219-226.

Ouyang Z Y, Zhang L, Wu B F, Li X S, Xu W H, Xiao Y, Zheng H. An ecosystem classification system based on remote sensor information in China. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(2): 219-226.

基于遥感技术的全国生态系统分类体系

欧阳志云^{1,*}, 张路¹, 吴炳方², 李晓松², 徐卫华¹, 肖焱¹, 郑华¹

1 中国科学院生态环境研究中心, 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085

2 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100101

摘要: 随着遥感技术的发展, 以遥感数据作为生态系统监测与评价的基础已成为宏观生态学研究的重要手段。遥感数据要求每一数据集都要有相应的地物分类体系与之匹配, 这也造成不同遥感数据及分类体系之间相互独立。虽然体系间多有联系和相似之处, 但不同数据集的分类体系难以直接使用或替换, 制约了多元数据在生态系统评价中的使用效果。为尝试解决这一问题, 提高多源遥感数据的使用效率, 提出了一套基于中分辨率遥感数据的生态系统分类体系。这套体系共有 9 个一级类、21 个二级类、46 个三级类, 该体系主要依据类别内生态系统特征的相似性, 并考虑了气候、地形等因素。最后以海南岛、内蒙古和甘肃 3 个省为例, 探讨了以遥感数据为基础的区域生态系统构成分析方法与应用效果。研究表明, 该分类体系有较好的生态学依据, 可以支持更加深入的生态系统评估。但分类体系中还存在遥感数据与生态因子数据尺度不匹配、不能满足小尺度研究中对三级类进一步细分的要求以及当前数据质量和模拟技术不足以完全支持植被覆盖率反演精度要求等问题。

关键词: 遥感技术; 分类体系; 生态系统评价

An ecosystem classification system based on remote sensor information in China

OUYANG Zhiyun^{1,*}, ZHANG Lu¹, WU Bingfang², LI Xiaosong², XU Weihua¹, XIAO Yi¹, ZHENG Hua¹

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 The Institute of Remote Sensing and Digital Earth (RADI), Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: Remote sensing technology is increasingly used in mapping and monitoring ecosystems as well as providing input datasets for analysis of ecosystem functions or dynamics. As a source of information on ecosystem classification and evaluation, remote sensor data is particularly important at the scale of the landscape, where has few field data. However, each type of remote sensing image often developed an independent classification system to satisfy the needs of the majority of users, guidelines of criteria for certain utility. Although there are many similarities exist in different systems, it is hardly be comparable or interchangeable in general cases. There is, in fact, no logical reason to expect that one detailed ecosystem inventory should be adequate for multi-sources remote sensing data. But an ecosystem categorization system that takes whole consideration of remote sensing information, ecological factors and type or degree of human intervention is able to improve the efficiency of ecosystem analysis using different satellite imagery. Aim at this objective, this paper compiled a ecosystem classification system in China based on medium-resolution remote sensor data. The system includes 9 types, including forest, shrubland, grassland, wetland, cropland, urban land, desert, glacier/firn, bare land, in the first level categories, 21 subordinate types in the second level categories and 46 types in the third level categories. On the base of 38 third level

基金项目: 全国生态系统质量, 服务功能, 生态问题, 胁迫十年变化调查与综合评估 (STSN-04-00); 全国生态环境长期跟踪遥感调查 (KFJ-EW-ZY-004)

收稿日期: 2014-07-28; 修订日期: 2014-11-02

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zyouyang@rcees.ac.cn

categories from ChinaCover2010 project, we reclassified this categories in accordance with characteristics of ecosystem types and subdivided the third level categories into 46 by add up to many supplemental information such as climate factors and site condition of vegetations. To interpret the usage and the effectiveness of the system, ecosystem configurations in three regions, Hainan island, Inner Mongolia and Gansu province, have been calculated. Results shown ability to depict zonal features of ecosystem and to use in further ecosystem analysis. It still indicate that the discrepancy of spatial resolution occurs between ecological factor data and remote sensor data and more detailed levels have not been established which we would take deeper researches in certain areas.

Key Words: remote sensing; ecosystem evaluation; ecosystem classification

遥感技术与遥感数据在区域生态评价中得到越来越广泛的应用,已成为区域生态评价不可缺少的技术手段和数据来源。但如何应用遥感数据进行生态系统分类一直是区域生态系统监测与生态评价的基础问题。不同的研究目的、研究区域与研究对象,通常建立不同的分类体系。这些各具特色的分类体系虽然有利于特定的研究目的,但制约了分类数据的共享与区域生态评价结果的可比性。以遥感数据为基础建立的土地分类系统最早于 1976 年由美国地质调查局(USGS)建立,该系统以美国资源卫星 Landsat1 所获取的遥感数据为基础,将地物划分为 9 个一级类、37 个二级类以及可根据数据精度和研究目标灵活扩展的三级、四级类。但实际上能够直接为当时遥感卫星数据直接解译的仅为一级类^[1]。随着遥感数据分辨率的提高,不同的国家和机构提出了以不同遥感数据为基础的土地分类系统,如美国国家土地覆被数据(NLCD)以 Landsat5 遥感数据为基础的分类系统^[2],欧洲环境信息协作计划(CORINE)以 SPOT 遥感数据为基础的分类系统^[3],国际地圈—生物圈计划(IGBP)AVHRR 遥感数据及其附属产品的分类系统^[4]等。为了推动遥感生态分类数据的共享,1998 年国际粮农组织(FAO)提出了一套基于二叉树分类规则的分类系统,该系统灵活性强,能够适应不同区域和不同尺度的需要,也对此后的分类系统的建立有深远的影响^[5]。为适应我国土地覆盖类型特征,多个机构也提出了适用于我国的分类系统^[6-8],但侧重点多在于土地覆盖类型与土地利用方式的划分,土地覆被所表达的信息是地表物质组成的综合体,包括覆盖物的物质组成、结构、排列等,这些特征是因物质的存在而存在,土地覆被是阶段性自然环境影响与人类活动共同作用产生的结果。自然环境属性包括地形(高程、坡度、坡向等)、地貌、气候等,它是土地覆被的背景,但对土地覆被变化和演化产生影响。而适用于生态系统评估的分类体系需要充分考虑自然环境参量的差异,这些参量不仅反映土地覆被现状,而且对生态系统的碳、氮等物质循环的机制、变化速率、潜力产生重要影响。从内部与外部不同侧面表达土地覆被的构成和生态特征,有利于充分利用下垫面信息,并作为输入参数开展进一步的生态系统评估研究。但生态参量的获得通常以长期生态监测数据为基础,这就造成了当前的土地覆盖分类体系对生态系统参数反应不足,难以直接用于全国生态系统调查与评价。因此,根据全国生态系统调查与评价的需要、充分利用我国生态系统长期研究成果,本文借鉴国际上和我国相关研究成果,探讨了建立基于中分辨率遥感数据的我国生态系统分类体系。并以甘肃、内蒙古东部和海南三个我国典型地区为例,分析了该分类系统的应用方法与问题,以期为全国生态系统评估提供统一的数据体系参考。

1 分类体系

根据遥感数据的光谱特征,结合植被覆盖度与生态系统植物群落构成特征,以全国遥感土地覆盖分类系统为基础^[9],将生态系统进行 3 级分类,I 级分为 9 类,II 级分为 21 类,III 级分为 46 类(表 1)。

划分过程中首先根据遥感信息提取植被覆盖和非植被覆盖区作为基础信息。对于植被覆盖区,根据植被生活型划分为乔木、灌木和草本覆盖,构成森林、灌丛和草地三个一级生态系统。森林和灌丛中覆盖度低于 20%的生态系统与同类型种类在能量代谢、物质循环和生态系统功能上都有很大差别,因此分别划分为稀疏林和稀疏灌丛。乔木绿地和灌木绿地,乔木园地和灌木园地在空间分布、立地条件和人类干预方式上都与自

然的森林和灌丛生态系统有较大区别,而与城镇和农田更为相似,因此分别划分为城镇生态系统中的城市绿地和农田生态系统中的园地两个类型。草地与森林和灌丛生态系统不同,森林和灌丛中的针叶、阔叶类型能够包含地带性信息,例如我国常绿阔叶林和落叶阔叶林有明显地带性和空间分布规律,并且能够直接从遥感影像解译。草地中可直接通过遥感信息解译的包括草甸、草丛、草原和稀疏草地四个类型。根据生态系统评估的需要,草地生态系统划分中进一步考虑了降水和地形等生态要素,如以青藏高原的地理边界为基础,提取青藏区内及周边海拔 4000m 以上的草甸为高寒草甸、稀疏草地(包括常见的垫状植被)为高寒荒漠草原、草原为高寒草原,再根据以往的研究^[10-11]将青海湖周边和雅鲁藏布江上游等区域草原划分为温性典型草原。青藏高原以外草原划分为温性典型草原,草甸划分为温性草原草甸,稀疏草地划分为温性荒漠草原。草丛生态系统多由次生温性或热性多年生中生、旱中生草本植物组成,此类型以秦岭-淮河这一北亚热带北界为界线,界线以北为温性草丛,以南为热性草丛。

表 1 基于遥感数据的全国生态系统分类体系

Table 1 Ecosystem Classification system and descriptions based on remote sensing data

I 代码 Level I Code	I 级分类 Level I Class	II 级代码 Level II Code	II 分类 Level II Class	III 代码 Level III Code	III 级分类 Level III Class	指标 Description	土地覆盖数据 II 级代码 Code in the China Cover dataset
1	森林生态系统	11	阔叶林	111	常绿阔叶林	自然或半自然常绿阔叶乔木植被, $H=3-30m, C>20\%$, 不落叶, 阔叶	101
				112	落叶阔叶林	自然或半自然落叶阔叶乔木植被, $H=3-30m, C>20\%$, 落叶, 阔叶	102
		12	针叶林	121	常绿针叶林	自然或半自然常绿针叶乔木植被, $H=3-30m, C>20\%$, 不落叶, 针叶	103
				122	落叶针叶林	自然或半自然落叶针叶乔木植被, $H=3-30m, C>20\%$, 落叶, 针叶	104
		13	针阔混交林	131	针阔混交林	自然或半自然阔叶和针叶混交乔木植被, $H=3-30m, C>20\%, 25\%<F<75\%$	105
				141	稀疏林	自然或半自然乔木植被, $H=3-30m, C=4-20\%$	61
2	灌丛生态系统	21	阔叶灌丛	211	常绿阔叶灌木林	自然或半自然常绿阔叶灌木植被, $H=0.3-5m, C>20\%$, 不落叶, 阔叶	106
				212	落叶阔叶灌木林	自然或半自然落叶阔叶灌木植被, $H=0.3-5m, C>20\%$, 落叶, 阔叶	107
		22	针叶灌丛	221	常绿针叶灌木林	自然或半自然针叶灌木植被, $H=0.3-5m, C>20\%$, 不落叶, 针叶	108
				231	稀疏灌木林	自然或半自然灌木植被, $H=0.3-5m, C=4-20\%$	62
3	草地生态系统	31	草甸	311	温带草甸	分布在温带地区的自然或半自然草本植被, $K>1.5$, 土壤水饱和, $H=0.03-3m, C>20\%$	21
				312	高寒草甸	分布在高寒地区(海拔 $>3000m$)的自然或半自然草本植被, $K>1.5$, 土壤水饱和, $H=0.03-3m, C>20\%$	21
		32	草原	321	温带草原	分布在温带地区的自然或半自然草本植被, $K=0.9-1.5, H=0.03-3m, C>20\%$	22
				322	高寒草原	分布在高寒地区(海拔 $>3000m$)的自然或半自然草本植被, $K=0.9-1.5, H=0.03-3m, C>20\%$	22
				323	温带荒漠草原	分布在温带地区的自然或半自然草本植被, $H=0.03-3m, C=4-20\%$	63

续表

I 代码 Level I Code	I 级分类 Level I Class	II 级代码 Level II Code	II 级分类 Level II Class	III 级代码 Level III Code	III 级分类 Level III Class	指标 Description	土地覆盖数据 II 级代码 Code in the China Cover dataset
				324	高寒荒漠草原	分布在高寒地区(海拔>3000m)的自然或半自然草本植被, $H=0.03-3m$, $C=4-20\%$	63
		33	草丛	331	温性草丛	分布在温带地区的自然或半自然草本植被, $K>1.5$, $H=0.03-3m$, $C>20\%$	23
				332	热性草丛	分布在热带与亚热带地区的自然或半自然草本植被, $K>1.5$, $H=0.03-3m$, $C>20\%$	23
4	湿地生态系统	41	沼泽	411	森林沼泽	自然或半自然乔木植被, $T>2$ 或湿土, $H=3-30m$, $C>20\%$	31
				412	灌丛沼泽	自然或半自然灌木植被, $T>2$ 或湿土, $H=0.3-5m$, $C>20\%$	32
				413	草本沼泽	自然或半自然草本植被, $T>2$ 或湿土, $H=0.03-3m$, $C>20\%$	33
		42	湖泊	421	湖泊	自然水面,静止	34
				422	水库/坑塘	人工水面,静止	35
		43	河流	431	河流	自然水面,流动	36
				432	运河/水渠	人工水面,流动	37
5	农田生态系统	51	耕地	511	水田	人工植被,土地扰动,水生作物,收割过程	41
				512	旱地	人工植被,土地扰动,旱生作物,收割过程	42
		52	园地	521	乔木园地	人工植被, $H=3-30m$, $C>20\%$	109
				522	灌木园地	人工植被, $H=0.3-5m$, $C>20\%$	110
6	城镇生态系统	61	居住地	611	居住地	人工硬表面,居住建筑	51
		62	城市绿地	621	乔木绿地	人工植被,人工表面周围, $H=3-30m$, $C>20\%$	111
				622	灌木绿地	人工植被,人工表面周围, $H=0.3-5m$, $C>20\%$	112
				623	草本绿地	人工植被,人工表面周围, $H=0.03-3m$, $C>20\%$	24
		63	工矿交通	631	工业用地	人工硬表面,生产建筑	52
				632	交通用地	人工硬表面,线状特征	53
				633	采矿场	人工挖掘表面	54
7	荒漠生态系统 ^[1]	71	荒漠	711	沙漠	自然,松散表面,沙质	67
				712	荒漠裸岩	自然,微生物覆盖	64
				713	荒漠裸土	自然,松散表面,壤质	66
				714	荒漠盐碱地	自然,松散表面,高盐分	68
8	冰川/永久积雪	81	冰川/永久积雪	811	冰川/永久积雪	自然,水的固态	69
9	裸地	91	裸地	911	苔藓/地衣	自然,微生物覆盖	64
				912	裸岩	自然,坚硬表面	65
				913	裸土	自然,松散表面,壤质	66
				914	盐碱地	自然,松散表面,高盐分	68
				915	沙地	自然,松散表面,沙质	67

说明:[1] 在干旱与半干旱区的沙漠与沙地、裸岩、裸土、盐碱地归类于荒漠生态系统。在湿润区的沙漠与沙地、裸岩、裸土、盐碱地归类为裸地。 C : 覆盖度\郁闭度(%); F : 针阔比率(%); H : 植被高度(m); T : 水一年覆盖时间(月); K : 湿润指数

非植被覆盖区包括湿地、冰川/永久积雪、荒漠、裸地、城镇。湿地分为沼泽和水体,沼泽按不同群落结构分为乔木、灌丛、草本三类。水体按照空间形状分为河流和湖泊。冰川/永久积雪为常年冰雪覆盖区,极少有生命迹象出现,单独划分一类。荒漠和裸地都包括裸露的沙质地面、壤质地面、硬质表面、有微生物覆盖表面和表面稀松、高反射率的盐碱地,由于成因不同,干旱与半干旱区部分划分为荒漠生态系统,湿润与半湿润区^[12]划分为裸地。

遥感影像分类过程采用面向对象的自动化分协同地面调查改进分类结果的技术方案开展了全国核查任务。针对多作业区、多单位协作处理数据,对监测结果采用统一的技术方案。技术流程分为分类系统建立、作业区划、数据采集、影像预处理、派生参数提取、尺度分割、解译标志库建立、层次分类和 SVM 分类、CVA 和 SAM 变化检测、抽样验证的步骤。在解译过程中分为国家层次与样区层次,分类方法一致,采用统一的分类系统,类型具有继承性、尺度转换能力。影像预处理进行作业分区,建立季节、空间一致的数据集,开展数据的配准与拼接、去云、雾等处理。通过野外分层采样框架,建立数据解译标志库,并将点样本扩展至面样本,提高影像的识别能力。以此为基础识别本分类系统中的各个类别。

- (1)森林生态系统:是指乔木植物(高度>5m)覆盖为主的土地,根据包括 4 个二级类型和 6 个三级类型。
- (2)灌丛生态系统:是指灌木植物(高度<5m)覆盖为主的土地,包括 3 个二级类型和 4 个三级类型。
- (3)草地生态系统:是指草本植物覆盖为主的土地,包括 3 个二级类型,8 个三级类型。
- (4)湿地生态系统:是指天然或人工形成的沼泽地等带有静止或流动水体的成片浅水区。包括 3 个二级类型,7 个三级类型。
- (5)农田生态系统:是指以农作物植被覆盖为主的土地,包括 2 个二级类型,4 个三级类型。
- (6)城镇生态系统:是指以人工表面为主的人类居住土地。包括 3 个二级类型,7 个三级类型。
- (7)荒漠生态系统:指分布于干旱与半干旱区、植被盖度低于 4%的土地。包括 1 个二级类型,4 个三级类型。
- (8)冰川/积雪:地面覆盖为冰川与积雪的土地。包括 1 个二级类型,1 个三级类型。
- (9)裸地:是指植被覆盖度低于 4%的土地。包括 1 个二级类型,5 个三级类型。

2 典型区域生态系统构成与格局

海南岛、内蒙古、甘肃三省涉及我国不同的自然地理区域,且生态系统特征具有明显差异,基本覆盖了我国所有三级生态系统类型(表 2)。

表 2 典型区一级生态系统构成

Table 2 Ecosystem configurations of the Level I class in Hainan Island, Inner Mongolia, and Gansu Province

一级生态系统构成 Level I class	海南岛		内蒙古		甘肃省	
	生态系统构成 Area/km ²	各类型比例 Ratio/%	生态系统构成 Area/km ²	各类型比例 Ratio/%	生态系统构成 Area/km ²	各类型比例 Ratio/%
森林 Forest	9173.1	27.1	168381	14.7	21038.4	4.9
灌丛 Shrubland	441.8	1.3	27834.4	2.4	34234.8	8.0
草地 Grassland	74.1	0.2	545910.4	47.6	122647.5	28.8
湿地 Wetland	1080.8	3.2	43615.8	3.8	2739.8	0.6
农田 Farmland	22206.9	65.6	120941.1	10.6	73630.9	17.3
城镇 Urban	766.2	2.3	12941.5	1.1	3904.3	0.9
沙漠 Desert	0	0	205806.3	18.0	153797.9	36.2
冰川/永久积雪 Glacier and Snow	0	0	0	0	896.5	0.2
裸地 Bareland	101.2	0.3	20347.5	1.8	12508.7	2.9

三个典型区内一级生态系统构成反映出了区域间生态系统分布的基本差异。海南岛水热充沛,热带农业

生态系统占据主导,主要分布于中部山区的森林生态系统则成为岛内第二大生态系统类型。内蒙古东部地处我国东部季风区和西北干旱区的交界地带,生态系统类型相应表现为大兴安岭森林区和内蒙古草原区的交替,因此草地生态系统和森林生态系统成为该区主导类型。而内蒙古西部位于我国干旱区,主要生态系统类型为温性典型草原和荒漠生态系统。甘肃省自然条件最为复杂,地处青藏高原区、西北干旱区、东部季风区三区交汇处,分布有各区的生态系统类型,除农田生态系统外,沙漠、草地、灌丛、森林在省内不同区域都有集中分布(图 1)。

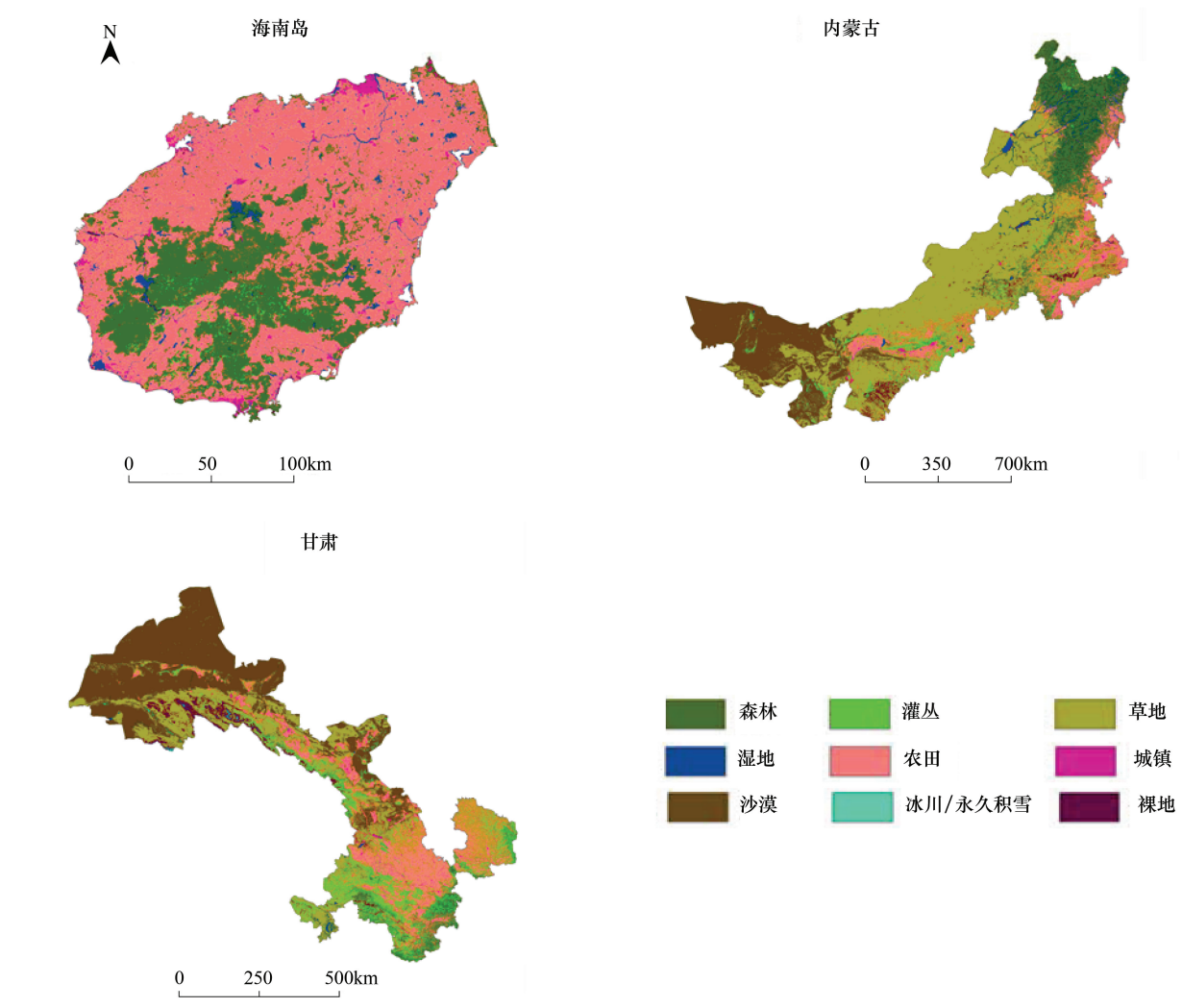


图 1 典型区一级生态系统分布

Fig.1 Ecosystem maps of the Level I class in Hainan Island, Inner Mongolia, and Gansu Province

通过对三个典型区各二级、三级生态系统构成的统计(表 3),可以从中发掘更多的生态系统特征信息。例如森林生态系统的分布体现出了明显的地带性特征,三区之内只有纬度最高的内蒙古东部有落叶针叶林生态系统分布,而内蒙古东部和甘肃省均位于秦岭-淮河这一常绿阔叶林的北界以北,因此无天然常绿森林生态系统分布,海南岛完全相反。草地生态系统则更加综合的考虑了气候、地形等因素。海南岛仅有热性草丛分布,内蒙古则含盖了呼伦贝尔和锡林郭勒两大草原区,因此该区域内温性典型草原占绝对优势。相比之下,甘肃省由于气候和地形的复杂性,分布了所有八个草地生态系统类型。

3 讨论

本文以遥感数据所识别的土地覆盖类型为基础,结合气候、地形等生物地理参量以及类别内部的生态系

统特征,将土地类型重新拆分组合,形成一套新的生态系统分类体系。相比完全基于遥感分类数据的体系^[13-14],本系统融入了更多的生态信息,这保证了本系统各生态系统类型都在不同级别上具有较大的自然相似性以及类别之间的独立性,有利于利用现有生态系统生态学的研究成果开展区域生态系统评估。

表 3 典型区森林生态系统构成/ km^2

Table 3 Ecosystem configurations of the Level II and Level III class in Hainan Island, Inner Mongolia, and Gansu Province

二级生态系统类别 Level II class	海南岛	内蒙古	甘肃	三级生态系统类别 Level III class	海南岛	内蒙古	甘肃
阔叶林	8641	109964.9	11531.3	常绿阔叶林	8641	0	0
				落叶阔叶林	0	109964.9	11531.3
针叶林	357.2	50217.2	8163.7	常绿针叶林	357.2	3331.7	8163.7
				落叶针叶林	0	46885.5	0
针阔混交林	174.9	3117.7	1312.7	针阔混交林	174.9	3117.7	1312.7
稀疏林	0	5081.2	30.7	稀疏林	0	5081.2	30.7
阔叶灌丛	441.8	22359.5	32398.1	常绿阔叶灌丛	441.6	0	0.2
				落叶阔叶灌丛	0.2	22359.5	32398.0
针叶灌丛	0	9.3	0.0	常绿针叶灌丛	0	9.3	0
稀疏灌丛	0	5465.6	1836.7	稀疏灌丛	0	5465.6	1836.7
草甸	0	16195	17004.4	温带草甸	0	16195	591.0
				高寒草甸	0	0	16413.3
草原	0	529707.5	100655.9	温带草原	0	475126.4	21908.5
				高寒草原	0	0	14153.2
				温带荒漠草原	0	54581	25110.8
				高寒荒漠草原	0	0	39483.4
草丛	74.1	8	4987.2	温性草丛	0	5.4	4977.7
				热性草丛	74.1	2.6	9.5
沼泽	9.7	35708.2	1424.8	森林沼泽	9.7	220.4	0
				灌丛沼泽	0	1570.7	0
				草本沼泽	0	33917	1424.8
湖泊	840.6	5039.3	448.5	湖泊	0	4732.4	151.5
河流	230.5	2868.3	866.5	水库/坑塘	840.6	306.9	296.9
				河流	230.5	2757.7	862.5
耕地	8671	120855.9	73614.6	运河/水渠	0	110.6	4.0
				水田	4931.5	1357	35.2
园地	13535.9	85.2	16.3	旱地	3739.5	119498.9	73579.4
				乔木园地	13535.9	49.9	11.6
居住地	595.1	7781.8	3068.4	灌木园地	0	35.3	4.7
				居住地	595.1	7781.8	3068.4
城市绿地	22	166.3	25.4	乔木绿地	3	138.1	20.8
				灌木绿地	0	13.2	1.4
工矿交通用地	149.1	4993.4	810.4	草本绿地	19	15.0	3.1
				工业用地	49.3	1143.8	315.5
				交通用地	72.8	2852.2	436.7
				采矿场	27.1	997.4	58.3
荒漠	0	205806.3	153797.9	沙漠	0	85750.4	18234.2
				荒漠裸岩	0	39339	50087.2
				荒漠裸土	0	78555.3	84607.9
				荒漠盐碱地	0	2161.6	868.6
冰川/永久积雪	0	0	896.5	冰川/永久积雪	0	0	896.5
裸地	101.2	20347.5	12508.7	裸岩	0	7.4	10626.7
				裸土	101.2	163.4	1772.3
				盐碱地	0	3553.2	11.7
				沙地	0	16623.5	98.1

从三个典型区生态系统构成的分析可以发现,对遥感数据直接解译的最低类别进一步根据自然环境变量再细分具有重要的意义。例如,在原始基于遥感数据的分类系统中,根据地物的光谱特征将所有森林、灌丛生态系统类别及乔木园地、乔木绿地、灌木绿地均划为“林地”一类。但这些类别的管理方式、群落结构和生态过程都有很大差异,因此将园地归入农田一类、将绿地归入城镇一类,这也更符合生态系统类别内部特征一致的要求。

本分类系统中仍然存在一些问题。首先,本次土地覆盖分类数据集最高空间分辨率为 30m 像元,而进一步划分类别所使用的自然环境参量数据,如干燥度、气候带数据尺度更大,使用这些数据集的叠加校正会造成尺度不匹配问题。在小流域或县域等小尺度分析中可能造成将同一斑块生态系统划分为不同类型生态系统,这需要通过在研究尺度上更新生态因子数据解决。其次,本分类系统以遥感分类数据为基础,因此难以在全国尺度对三级类别做进一步细分,因此也并未像国际粮农组织的分类系统一样提出更具弹性的四级分类系统,这一点将在小尺度依据不同区域生态环境特征展开进一步的探讨以满足更丰富的生态系统分析和评价需求。最后需要指出的是本分类系统中各植被类型的定义主要参考了国际粮农组织(FAO)提供的定义,例如将稀疏植被定义为植被覆盖度大于 4%,小于 20%,裸地为小于 4%。而实际上当前的植被覆盖度反演误差通常都大于 4%,对于这种技术局限,除提高遥感数据质量外,目前只能依靠实地观测数据予以校正。

参考文献(References):

- [1] Anderson J R, Hardy E E, Roach J T, Wilmer R E. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. USGS Professional Paper, No.964. Washington, D.C., USA. 1976.
- [2] Vogelmann J E, Howard S M, Yang L, Larson C R, Wylie B K, VanDriel N J. Completion of the 1990's National Land Cover Data Set for the conterminous United States from Landsat Thematic Mapper data and ancillary data sources. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2001, 67(6): 650 - 662.
- [3] Commission of the European Communities. CORINE land cover. <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>, (2011-2-10) [2013-10-16]
- [4] Loveland T R, Reed B C, Brown J F, Ohlen D O, Zhu Z, Yang L, Merchant W. Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, 21(6/7): 1303-1330.
- [5] Gregorio A D, Jansen L J M. Land cover classification system(LCCS): classification concepts and user manual. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.
- [6] 徐文婷, 吴炳方, 颜长珍, 黄慧萍. 用 SPOT_VGT 数据制作中国 2000 年度土地覆盖数据. *遥感学报*, 2005, 9(2): 204-214.
- [7] 程维明, 刘海江, 张旻, 周成虎, 高群. 中国 1:100 万地表覆被制图分类系统研究. *资源科学*, 2004, 26(6): 2-8. 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
- [8] 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. *地理学报*, 2006, 161(4): 359-368.
- [9] 欧阳志云, 王桥, 郑华, 张峰, 侯鹏. 全国生态环境十年变化(2000—2010 年)遥感调查评估, *中国科学院院刊*, 2014, 29(4): 462-466.
- [10] 中国科学院中国植被图编辑委员会. 中国植被图集(1:100 万). 北京: 科学出版社, 2001.
- [11] 李迪强, 宋延龄, 欧阳志云等. 全国林业系统自然保护区体系规划研究. 北京: 大地出版社, 2003.
- [12] 赵济, 陈传康. 中国地理. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [13] 刘勇洪, 牛铮, 徐永明, 王长耀, 李贵才. 基于 MODIS 数据设计的中国土地覆盖分类系统与应用研究. *农业工程学报*, 2006, 22(5): 99-104.
- [14] 何宇华, 谢俊奇, 孙毅. FAO_UNEP 土地覆被分类系统及其借鉴. *中国土地科学*, 2005, 19(6): 45-49.