资源科学
第36卷 第3期 2014年3月 2014,36(3):0463-0472
Resources Science
Vol.36, No.3 Mar., 2014

文章编号:1007-7588(2014)03-0463-10

中国海岸带土地利用遥感分类系统研究

邸向红[1,2],侯西勇[1],吴 莉[1,2]
(1. 中国科学院烟台海岸带研究所,烟台264003; 2. 中国科学院大学,北京100049)

摘 要:土地利用分类是土地利用数据建立和土地利用变化研究的前提。鉴于我国海岸带土地利用多样性显著而分类系统研究相对不足的现实,本文简要论述国内外海岸带土地利用分类系统的研究进展、适用的遥感数据类型和制图精度,并从陆海耦合的角度出发回顾国内滨海湿地分类系统的研究成果。在此基础上,提出中国海岸带土地利用遥感分类系统优化方案,包含8个一级类型和24个二级类型,较全面地涵盖了全国海岸带的土地资源类型,并从海岸带区域的特征出发,强调了湿地资源的细分;应用该分类系统,基于Landsat TM影像建立解译标志,并对2010年中国海岸带区域土地利用进行遥感制图,表明该分类系统具有较强的可行性。本研究可为全国尺度海岸带土地资源遥感调查、土地利用管理与规划、海岸带综合管理等研究工作提供参考。

关键词:海岸带;土地利用;分类系统;中国

1 引言

土地利用分类是开展土地利用研究的基础性和关键性工作,也是不同规模、不同层次的土地资源调查、评价与规划中需要首先解决的基本问题[1]。科学合理的土地利用分类体系不仅有助于了解区域用地类型的基本属性、认识区域用地结构特点,而且可以为进一步实施土地动态监测,实现土地资源的有效调控和合理利用提供借鉴[2]。对地观测技术的发展为土地资源大面积的快速监测提供了广阔的前景[3],而且遥感数据以及GIS技术对海量空间数据的存储和处理能力不仅为监测土地利用现状提供了便利,也为快速获取土地利用时空动态变化信息提供了可能[4,5]。遥感光谱信息是地表物体在多种因素影响下形成的复杂综合信息体,传统土地分类系统中的部分用地类型难以从遥感影像中直接提取,因此近年来针对遥感数据源所建立的土地利用分类系统受到重视[6]。

海岸带位于地球表层陆、海、气、生多圈层的耦合作用地带,具有高生产力、高经济价值及特殊的生态系统,并为大量动植物提供了优良的生存繁衍环境[7]。该区域经济社会发展水平高,人口稠密,全世界约60%的人口居住于此[8]。由于生态系统和自然环境极为脆弱,并深受气候变化与人类活动的共同影响,海岸带区域的环境和生态过程具有高度的动态性、复杂性和多样性,因此该区域成为全球变化研究的重要"窗口"区域,其中,海岸带土地利用变化是一项重要的研究内容[9-11]。目前,我国土地利用分类系统偏重于陆地区域,适合海岸带区域土地利用研究的分类系统较少,而且,现有的海岸带土地利用分类系统多为区域尺度,缺乏全国尺度海岸带土地利用遥感分类体系。这种情况不利于我国开展海岸带土地资源调查、开发及可持续利用研究,也不利于海岸带综合管理及规划等工作。因此,本文系统总结了近年来国内外海岸带区域土地利用遥感分类研究案例,并详细阐述了相应土地分类系统所适用的遥感数据类型、应用尺度及制图精度,力求建立适合我国海岸带土地利用的分类标准和编码。

收稿日期:2013-09-02;**修订日期**:2013-12-17
基金项目:中国科学院战略性先导科技专项—应对气候变化的碳收支认证及相关问题(编号:XDA05130703);中国科学院知识创新工程重要方向项目(编号:kzcx2-yw-224);国家自然科学基金项目(编号:40801016)。
作者简介:邸向红,女,山东德州人,博士生,从事海岸带土地利用变化方面研究。**E-mail**:xhdi@yic.ac.cn
通讯作者:侯西勇,**E-mail**:xyhou@yic.ac.cn

http://www.resci.cn
?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2 国外海岸带土地利用分类系统

2.1 美国国家土地数据库海岸带分类体系

美国国家海洋与大气管理局(NOAA)开展的全美海岸带变化分析计划(NOAA Coastal Change Analysis Program, C-CAP)所采用的土地类型分类系统如表1所示,该体系适用于30m分辨率美国海岸带土地利用栅格数据[12]。

表1 美国海岸带土地利用分类系统

Table 1 American coastal land-cover classification system

一级类型	二级类型	三级类型	含义
内陆	建设用地	高强度开发区	指人类居住和工作较为集中的高强度用地区域,不透水面达总面积的80%~100%。用地类型包括大型工商业大厦及相应停车场、飞机场、州际公路等
		中强度开发区	指建筑和植被混合区,不透水面达总面积的50%~79%。用地类型如独立家庭住宅、农场外屋、大型鸡舍等
		低强度开发区	指建筑与植被混合区,不透水面占总面积的21%~49%
		空地开发区	最主要植被类型为草坪草,不透水面<20%。如公园、运动场、高尔夫球场等
	农业用地	作物栽培区	指一年生农作物生产区,农作物面积占总植被面积的20%以上,也包括正在耕作中的土地。如农作物种植区、果园和葡萄园等
		牧草地/干草地	指用于牲畜放牧的草、豆类及草豆科植物混合种植区。牧草和干草占总植被面积的20%以上
	草地	草地	指草本植物占总植被面积80%以上的地区。该地区不受如耕作区一样的密集管理,只用于放牧。用地类型如草原、草甸、休耕闲田和未开发的天然草地等
	林地	落叶林地	此区域树木通常高>5m,树木面积占总植被覆盖面积的20%以上。当季节变化时有超过75%的树种同时落叶
		常绿树林地	此区域树木高>5m,树木面积占总植被覆盖面积20%以上。超过75%的树种全年保有叶子
		混交林地	此区域树高通常>5m,树木面积占总植被覆盖面积20%以上,且落叶林或常绿林都未超过总林木覆盖面积的75%
	灌丛地	灌木丛	此区域植被以高<5m且具有典型灌木树冠的灌木丛为主,且占总植被覆盖面积的20%以上。植被类型包括树灌木、处于早期生长阶段的小树等
	荒地	荒地	植被覆盖度<10%。用地类型如采石场、沙丘、沙漠、干河床、裸露岩石等
		松散岸滩	其基质缺少植被,只在生长条件允许时出现短暂的植物。如海滩、潮滩平原等
		苔原/冻土带	出现在美国阿拉斯加、西部高山的局部地区
		常年冰雪带	常年覆盖冰雪且覆盖面积超过总面积的25%
湿地	沼泽湿地	森林沼泽湿地	指以高≥5m的木本植被为主要植被类型的潮汐或非潮汐湿地,潮汐地区湿地的海洋衍生盐浓度<0.5%。植被面积占区域总面积20%以上
		灌木沼泽湿地	指以高<5m的木本植被为主要植被类型的潮汐或非潮汐湿地,潮汐地区湿地的海洋衍生盐浓度<0.5%。植被面积占区域总面积20%以上
		挺水植物沼泽湿地	以持续出现的维管束植物、挺水苔藓和地衣为主要植被类型的潮汐或非潮汐湿地,潮汐地区湿地的海洋衍生盐浓度<0.5%,植物通常保持站立直到下一个生长季。植被面积占区域总面积80%以上
	河口湿地	河口森林湿地	以高度≥5m的木本植被为主要植被类型的潮汐湿地,其海洋衍生盐浓度≥0.5%,植被面积占区域总面积20%以上。土地覆盖类型如红树林
		河口灌木湿地	以高度<5m的植被为主的潮汐湿地,海洋衍生盐浓度≥0.5%,植被面积占区域总面积20%以上
		河口挺水植物湿地	指以挺直的深根草本水生植物为主要植被类型的潮汐湿地,海洋衍生盐浓度≥0.5%。植被面积占区域总面积80%以上。土地覆盖类型如南方野生稻
水域及水淹地	水域及水淹地	开阔水域	指植被或土壤覆盖面积<25%的水域,如湖、河、水库等
		沼泽河床	指以在水面上生长和连续覆盖的植物为主的潮汐、非潮汐湿地和深海栖息地,其海洋衍生盐浓度<0.5%。总植被覆盖度>80%。植被类型如水葫芦、无根萍等
		河口河床	指以在水面上连续覆盖生长的植物为主的潮汐湿地和深海栖息地,其海洋衍生盐度≥0.5%。总植被覆盖度>80%

http://www.resci.net
?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2 欧洲海岸带土地利用分类体系

1985年，欧盟发起旨在探索众多环境问题的环境信息协作计划（Coordination of Information on the Environment，CORINE）[6]，其中，1∶10万土地利用制图分类系统包含人工地表、农用地、森林和半自然用地、湿地、水域5个一级类型以及15个二级类型和44个三级类型[13]。该计划针对于整个欧洲大陆，更偏重于陆地分类体系，但由于其影响深远，欧洲沿海国家的学者在开展区域性海岸带土地利用相关研究时，多从该分类系统出发，通过适当的调整和补充，建立符合当地实际情况的土地利用分类系统（表2）。

2.3 澳大利亚土地利用分类体系

澳大利亚四面环海，受地形与气候的影响，沿海地带尤其是东南部沿海地区是该国最主要的生产生活区，因此其土地利用分类体系对沿海地区土地分类研究具有重要的参考价值。历经数次修改，澳大利亚于2010年5月发布最新（第七版）的土地利用与管理（Australian Land Use and Management，ALUM）分类标准，并基于该分类体系开展了全国范围土地利用制图[18]。ALUM分类系统包括自然保护区、原生自然环境用地、旱地农用地和种植园、灌溉农用地和种植园、集约用地、水域6个一级类型，进一步细化为32个二级类型和160个三级类型[18]。

2.4 日本海岸带土地利用分类体系

日本是一个国土面积狭小的群岛国家，海岸线漫长而曲折，其在海岸带土地利用变化方面的研究具有较强的代表性。1974年以来，日本国土交通厅开展了国家土地信息系统建设计划。该计划将地形图、用地类型、公共设施、公路、铁路及其他相关土地信息进行数字化以提供全国范围土地利用数字信息，其中，100m分辨率土地利用信息栅格数据较具代表性，其土地利用类型包括稻田、其他农用地、林地、荒地、建设用地、交通干线用地、河流与湖泊、海岸、海水、高尔夫球场、其他用地[19]。

综上所述，国外区域性海岸带土地利用分类多基于高分辨率遥感影像数据，而国家级海岸带区域土地利用分类则多采用中高分辨率的遥感影像数据。此外，国家尺度土地利用分类系统的构建具有明确的针对性和差异性，即针对特定的研究目的，一级类型往往具有高度的概括性和普适性，而进一步细分所得到的类型则充分反映海岸带区域及其子区域所特有的土地类型，如，全美海岸带土地利用分类系统在三级类型层面充分考虑了西北部阿拉斯加高纬度地带的土地利用/覆盖特点[12]。

3 中国海岸带土地利用分类系统案例

3.1 1∶100万中国土地利用图中的海岸带土地利用分类

吴传钧等在20世纪80年代开展的中国海岸带土地利用研究中，将土地资源划分为10个一级类型、42个二级类型和35个三级类型，其中，一级类型包括耕地、园地、林地、牧草地、水域和湿地、城镇用地、工矿用地、交通用地、特殊用地、其他用地[20]。

3.2 1∶10万中国土地利用矢量数据中的海岸带土地利用分类

刘纪远等基于Landsat TM和CBERS-1影像建立了中国陆地区域1∶10万土地利用矢量数据库，包含6个一级类型和25个二级类型，其中，一级类型为耕地、林地、草地、水域、城乡工矿和居民点、未利用地[21,22]。侯西勇和徐新良基于该数据库，研究

表2 欧洲区域性海岸带土地利用分类案例

Table 2 Cases of regional land use classification system in European coastal zone

区域	使用数据类型	土地利用分类系统
西班牙北部大西洋沿岸[14]	1∶3万航空像片及0.25m空间分辨率的数字正射影像	林地、桉树种植园、松木种植园、过渡时期林地、花圃、裸露岩石、河道、水库、牧草地、复杂栽培作物用地、不连续城市建筑、公路、建筑工地、采矿场、工业商业用地
法国西南部海岸带地区[15]	Landsat TM影像	松木林、落叶混交林、灌木林、农用地、城市、荒野、沙丘、湿地、其他用地
意大利中部海岸带地区[16]	1m空间分辨率的航空像片	人工地表、农用地、造林地、地中海灌丛林、半自然木本植被、半自然草本/杂草植被、开阔沙滩、稀疏植被沙丘/密集植被沙丘、内陆湿地、海水
希腊北部海岸带地区[17]	航空像片和Quickbird卫星影像	农业用地、建设用地、牧场、荒地、林地、湿地、内陆水域、海水

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

了近期中国海岸带土地利用格局特征，与全国陆域相比，海岸带仅缺少永久性冰川雪地和戈壁两个二级类型[23]。左丽君等采用相同的分类系统和技术规范研究了环渤海海岸带土地利用变化特征[24]。

3.3 黄河三角洲土地利用分类

黄河三角洲是具有国际重要性的河口三角洲湿地，也是土地利用变化研究的热点区域之一。叶庆华等[25]、刘高焕等[26]基于历史土地利用资料和Landsat TM影像得到黄河三角洲多时相土地利用数据集，主要地类包括海域、耕地、园地、有林地、牧草地、居民点及工矿用地、交通用地、水域（包括滩涂）、未利用地或难利用地、盐碱地。

3.4 江苏海岸带区域土地利用分类

（1）江苏海岸带地区。江苏全省海岸带区域涉及连云港、盐城和南通3市。王玉等基于Landsat TM影像建立1∶10万比例尺土地利用矢量数据，并将用地类型分为耕地、林地、草地、水库坑塘、滩涂、城镇用地、农村居民地和其他建设用地[27]。

（2）连云港海岸带地区。刘艳芬等在对连云港海岸带的研究中，基于Landsat7 ETM+数据，将用地类型分为海水、裸滩、内陆水体、滨海沼生盐生植被、耕地、园地、林地、城镇建设用地、工矿仓储用地和河港码头用地[28]。

3.5 福建海岸带区域土地利用分类

闫淑君等基于Landsat TM和SPOT 5影像得到闽江入海口琅岐岛土地利用数据，其中土地利用景观被分为农用地、建设用地和未利用地3个一级类型，耕地、园地、林地、住宅用地、交通运输用地、水利设施用地、未利用地等9个二级类型，以及26个三级类型[29]。

3.6 广东海岸带区域土地利用分类

（1）珠江口沿岸。珠江口沿海区域由于优越的自然资源及发达的社会经济条件，成为我国海岸带区域土地资源开发最突出的地区之一。孙晓宇等建立了1∶10万比例尺土地利用矢量数据，将土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地6个一级类型，并细化为17个二级类型[30]。吕志强等采用Landsat TM/ETM+影像数据，将用地类型划分为耕地、园地、林地、水体、基塘和建设用地6类，并强调由于地形及河口地带的自然条件特点，应将基塘作为该地区一种独特的用地类型[31]。

（2）广东省海岛海岸带区域。高义等选取海岸线向陆纵深5km且面积>500m^{2}的海岛为研究区，基于SPOT 5卫星影像提取土地利用矢量数据，其土地利用类型分为农用地、林地、建设用地、草地、渔业养殖用地、水系、未利用土地和红树林共8个类型，并指出由于红树林为该地区特有的自然资源需将其作为一类单独的用地类型[32]。

3.7 中国滨海湿地分类系统

作为沿海区域重要的土地覆盖类型，滨海湿地广泛发育于海岸带并深受海陆交互作用和人类活动的影响。我国滨海湿地资源丰富，海岸带土地利用变化研究有必要加强对滨海湿地的重视，为此，本文对国内滨海湿地分类系统方面的研究进行了总结（表3）。

综上所述，20世纪80年代我国开展了全国海岸带土地利用现状调查工作，此后，随着遥感技术的不断发展和日渐成熟，针对我国海岸带土地利用变化的研究逐渐增多。其中，大量的案例研究针对于中小尺度区域，同时，由于我国海岸带区域的自然地理和经济社会南北差异显著导致其土地利用的区域性特征较为突出，因此这些案例研究所建立的海岸带土地利用分类系统也就自然而然地表现出较为显著的区域针对性，不具有普适性，难以直接推广至全国范围海岸带区域的土地利用遥感分类和土地利用变化研究。

4 中国海岸带区域土地利用分类系统优化方案

4.1 中国海岸带区域特征

海岸带土地利用的类型组成、格局特征及变化过程与海岸带的自然条件和资源特点密切相关，因此，充分认识中国海岸带的基本特征，是进行海岸带土地利用分类和土地利用变化研究的前提和基础。

中国海岸带地处亚欧大陆东部、太平洋西岸，属于典型的东亚季风气候区，自北向南包含中温带、暖温带、北亚热带、中亚热带、南亚热带和热带等多个气候带；无霜期从辽宁北部的120多天逐渐增加至海南岛的365天，作物种植从北部一年一熟向南逐渐过渡为一年三到四熟，因此南北方农作物

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表3 中国滨海湿地区域性分类案例

Table 3 Cases of regional coastal wetland classification system in China

区域	使用数据类型	一级类型	二级类型
中国东部重要经济区带[33]	由MSS、Landsat TM/ ETM+及CBERS-02影像所得	近海及海岸湿地	浅海水域、岩石性海岸、潮间淤泥海滩、潮间沙石海滩、生物海滩、河口及三角洲湿地
	1∶25万滨海湿地专题地图	河流湿地	永久性河流、季节性或间歇性河流、泛洪平原
		湖泊湿地	永久性淡水湖、季节性淡水湖、永久性咸水湖、季节性咸水湖
		沼泽及沼泽化草甸湿地	草本沼泽、其它沼泽
		人工湿地	人工养殖场及盐场、水库
环渤海地区[34]	Landsat TM和CBERS2B影像	天然湿地	河流水面、湖泊水面、海涂、滩地、碱蓬地、芦苇地
		人工湿地	水库与坑塘、盐场、水稻田
辽宁省滨海地区[35]	1∶10万滨海湿地矢量数据	自然湿地	浅海水域、滩涂、潟湖、草本沼泽、河流、淡水湖泊
		人工湿地	水库坑塘、稻田、盐田及水产养殖场
福州市滨海湿地地区[36]	Landsat ETM+和ALOS AVNIR影像	天然湿地	沙滩、泥滩、河流、浅海水域、沼泽化草甸
		人工湿地	水库坑塘、水产养殖场、水田
珠江口滨海地区[37]	Landsat TM影像所得1∶20万滨海湿地矢量数据	自然湿地	河口滩涂、沼泽、红树林、湖泊、河流水面、浅海水域
		人工湿地	水库、养殖水面、水田、池塘
中国北方滨海地区*[38]		入海河口湿地、三角洲湿地、粉砂淤泥质海岸湿地、海湾湿地、砂质海岸湿地、沉积岛屿滩涂湿地和滨海潟湖湿地	
江苏盐城海岸带*[39]	10m分辨率ALOS影像	米草、碱蓬、芦苇、养殖区、水田、潮沟、面状水系、光滩、居民地	
浙江省滨海湿地地区*[40]	调查数据及统计年鉴资料	近海及海岸湿地、浅海水域、岩石性海岸、潮间沙石海滩、潮间淤泥海滩、潮间盐水沼泽、红树林沼泽、海岸性淡水湖、河口水域、三角洲湿地	

注:*表示该滨海湿地分类系统未分级。

与经济林品种结构及布局等差异较大[41]。此外,地貌类型的南北差异显著,杭州湾以北的海岸带区域呈现隆起带与沉降带相间分布的构造格局,山地丘陵与平原交错分布:辽东半岛和山东半岛处于隆起带,属于低山丘陵地貌;而位于隆起带间的沉降带则自北向南分布着辽河平原、华北平原、苏北平原、长江三角洲和宁绍平原[20]。杭州湾以南沿海岛屿众多,沿岸地貌以低山丘陵和台地为主,平原主要分布于近岸的河口三角洲地区[42]。

海岸带地貌(尤其是高程和坡度因子)的区域差异直接导致了土地资源利用方式的空间差别。海岸带的低山丘陵区,土地利用类型以耕地和林地为主,城乡工矿用地、草地和水域次之,园地和交通用地较少;耕地主要分布于300m以下的区域,南方水田位于谷地和山垄田,旱地位于缓坡地(坡度<15°)[20]。由于地形屏障对水热条件的影响,山东半岛、辽东半岛和海南岛的东部降水量明显高于西部,与此相应,盐田主要分布于丘陵山地西侧的滨海平原[20]。沿海平原最主要的用地类型为耕地,同时,河口三角洲平原区城乡工矿用地的比重也较高。河北、天津沿海、江苏射阳河口以及珠江三角洲低洼地的土地利用类型以水田为主,部分将低洼地改造为基塘的地区则主要用于养殖[20]。

4.2 分类原则

(1)土地利用分类采用分级式结构,由大类到细类(二级分类),构成系统性的土地利用分类体系。

(2)定位于全国范围海岸带的土地利用分类,大类层面不宜过细,力求反映全国海岸带土地利用最基本的现状特征,并能够非常方便地与已有针对于陆地区域的分类系统相衔接;二级类型则需要充分反映海岸带区域特有的土地利用类型。

(3)围填海是我国海岸带区域土地利用变化的重要特征,因此,土地利用分类应充分考虑海岸带湿地,以满足围填海时空动态特征等方面研究所需。

(4)为满足海岸带长时期土地利用变化研究的需求,应充分重视30m空间分辨率Landsat TM/ETM+历史数据、HJ-CCD数据以及新近的Landsat 8卫星数据的价值,并强调二级类型在30m分辨率多

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

光谱影像上的地物光谱特征具有人工判读的可识别性和可操作性。

(5)应满足简洁、实用的原则,即在一定空间尺度下,分类系统在分类最少的情况下满足所有分类需求,确保每种用地类型都有其明确的归属,避免出现模棱两可的情况。

4.3 土地利用分类系统

基于上述原则,重点参考刘纪远建立的中国陆地区域1∶10万土地资源分类系统,综合考虑中国海岸带特征、国内外海岸带土地利用分类系统和国内滨海湿地分类系统,提出我国海岸带区域土地利用分类系统优化方案,共包含8个一级类型和24个二级类型(表4)。其中,单时相制图不必专门解译浅海水域(65),在多时相比较和分析变化特征时,将其作为背景要素处理即可。

4.4 在2010年中国海岸带土地利用制图中的应用

基于所提出的中国海岸带土地利用分类系统和2009-2010年Landsat TM影像(4-3-2波段合成),结合大量的野外考察工作,建立解译标志库(表5),并按照1∶10万比例尺制图规范,通过目视解译方法获得2010年中国海岸带区域土地利用类型图。制图范围在陆域取沿海地级市行政边界,海域则取决于分类系统及遥感影像的解译能力,制图结果如图1。

表4 中国海岸带土地利用分类系统

Table 4 National coastal zone land use classification system

一级类型		二级类型		含义
代码	名称	代码	名称	
1	耕地	11	水田	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
		12	旱地	无灌溉水源及设施,靠天然降水生长作物的耕地;有水源和灌溉设施,在一般年景下能正常灌溉的旱作物耕地;以种菜为主的耕地、蔬菜大棚地;正常轮作的休闲地和轮歇地
2	林地	21	有林地	郁闭度>30%的天然林和人工林。包括有林地、经济林、防护林等成片林地
		22	疏林地	郁闭度10%~30%的稀疏林地
		23	灌丛林地	郁闭度>40%且高度在2m以下的矮林地和灌丛林地
		24	其他林地	包括未成林造林地、迹地、苗圃和各类园地(果园、桑园、茶园及其他作物园地)
3	草地	31	高覆盖度草地	覆盖度>50%的天然草地、改良草地和割草地,此草地一般水分条件较好,草被生长茂密
		32	中覆盖度草地	覆盖度在20%~50%的天然草地、改良草地,一般水分条件不足,草被较稀疏
		33	低覆盖度草地	覆盖度在5%~20%的天然草地,此草地水分缺乏,草被稀疏,牧业条件差
4	建设用地	41	城镇用地	城市及县镇以上建成区用地
		42	农村居民点	镇以下的居民点用地
		43	独立工矿及交通用地	独立于城镇以外的厂矿、大型工业区、油田、砂石厂、仓库等占用地,交通运输用地、机场及特殊用地
5	内陆水体	51	河渠	天然形成或人工开挖的河流及主干渠常年水位以下的土地
		52	湖泊	天然形成的积水区及常年水位以下的土地
		53	水库坑塘	人工修建形成的蓄水区及常年水位以下的土地
		54	滩地	河湖水域平水期水位与洪水期水位之间的土地
6	滨海湿地	61	滩涂	沿海大潮高潮位与低潮位之间的潮侵地带
		62	河口水域	从近口段的潮区界(潮差为零)至口外海滨段的淡水舌峰缘之间的永久性水域
		63	河口三角洲湿地	河口区由沙岛、沙洲、沙嘴等发育而成的低冲积平原
		64	沿海潟湖	有通道与海水相连的海岸性咸、碱水湖
		65	浅海水域	低潮时海平面以下6m深的近海,包括海湾和海峡
7	人工(咸水)湿地	71	盐田	人工修建的洼地,导入海水后蒸发制盐的滩涂
		72	养殖	人工修建或利用自然形成的养殖水生生物的池塘
8	未利用地	81	未利用地	包括盐碱地、裸土地、裸岩石砾地、土堆和不明地类等

http://www.resci.net
?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表5 基于Landsat假彩色影像的土地利用解译标志

Table 5 Interpretation marks of land use based on the Landsat false color composite images

分类（代码）	解译标志	影像举例	分类（代码）	解译标志	影像举例
水田（11）	分布在河流、水库或湖泊附近，灌溉沟渠形状明显；边界清晰，多呈条带状成片分布；亮红、深红或暗红色，色调饱和；纹理均一且平滑细腻	轨道号：p122r033 成像时间：2010.08.17	旱地（12）	多分布于平原及平缓的山谷中；边界清晰，多呈红色或暗红色，颜色与其他地类色差明显；小斑块间会出现明显的细长形道路特征	轨道号：p121r032 成像时间：2009.05.19
有林地（21）	深红、暗红或黑红色；在山地区山谷处常有阴影，有立体感；纹理粗糙，大多形状不规则，但沿海防护林形状规则，呈片状或条带状，色调均匀	轨道号：p121r034 成像时间：2010.09.13	疏林地（22）	深红色、浅灰或深灰相间分布，色调较暗；形状不规则，边缘不清晰，呈片状分布；纹理粗糙	轨道号：p120r032 成像时间：2009.07.15
灌丛林地（23）	大小不一，多分布于中低山地、平原；暗红色、浅灰色、灰色；形状不规则；纹理粗糙	轨道号：p120r032 成像时间：2009.07.15	其他林地（24）	大小不一，多分布于中低山、丘陵或平原；呈深红、浅红色、灰色及黄绿色；形状不规则边缘不清晰；内部纹理粗糙	轨道号：p121r044 成像时间：2009.01.11
高覆盖度草地（31）	大小不一，无固定分布区域；为红色、暗红色；形状不规则，边缘不清晰	轨道号：p119r034 成像时间：2010.09.13	中覆盖度草地（32）	大小不一，无固定分布区域；呈浅红色，形状不规则，纹理较粗糙	轨道号：p119r034 成像时间：2010.09.13
低覆盖度草地（33）	呈浅红色、浅红绿色或浅黄绿色；形状不规则，边界不清晰，纹理粗糙	轨道号：p121r044 成像时间：2009.01.11	城镇用地（41）	青灰、蓝灰色为主，间杂深灰白色；大面积片状分布，形状不规则，纹理粗糙	轨道号：p118r039 成像时间：2009.07.17
农村居民点（42）	位于道路、河流沿岸，周边常有林地、农耕地分布；灰色或浅灰白色，内部色调不均；轮廓边界清晰，但形状不规则	轨道号：p121r032 成像时间：2010.09.27	独立工矿及交通用地（43）	灰白、亮白色或青色；轮廓边界清晰，成片分布但形状不规则；纹理粗糙	轨道号：p119r032 成像时间：2010.06.25
河渠（51）	蓝色、深蓝色或黑色；边界清晰，多为弯曲条带状或局部明显平直，但影像几何形状不规则；质底及纹理细腻	轨道号：p120r034 成像时间：2010.06.16	湖泊（52）	呈不规则的圆形或椭圆形，边界清晰；蓝色或深蓝色，质底及纹理细腻；由于湖泊水位深浅的不同，其内部色调一般不均匀	轨道号：p119r038 成像时间：2010.05.24
水库坑塘（53）	形状规则，轮廓清晰；深蓝色、蓝色或浅蓝色；内部色调均匀	轨道号：p120r034 成像时间：2010.06.16	滩地（54）	分布于河流两侧、湖泊或水库边缘；灰色或浅灰色，与其他地物色差明显；边界清晰，形状不规则；纹理粗糙	轨道号：p119r034 成像时间：2010.09.13
滩涂（61）	分布于海岸线沿线，与海水分界明显，呈现长条带状；灰色或灰白色，颜色有层次感	轨道号：p119r038 成像时间：2010.05.24	河口水域（62）	位于河流入海口；形状不规则，但常具有一定宽度；蓝色或深蓝色，与周边海水色差明显	轨道号：p124r045 成像时间：2009.01.16
河口三角洲湿地（63）	位于河流入海口；浅灰或灰色，向海方向颜色变浅，部分湿地有植被覆盖呈红色；形状多为扇形；影像上常出现细长形小型溪流痕迹	轨道号：p120r032 成像时间：2009.07.15	沿海潟湖（64）	位于海岸线附近；呈蓝色、浅蓝色；边界清晰，形状不规则；纹理较均一	轨道号：p119r037 成像时间：2009.06.06
盐田（71）	分布于海岸线沿线，边界清晰，形状规整；蓝黑色，有蓝白色夹杂其中为盐结晶体；内部条纹状纹理结构清晰，盐田内部多含有沟渠连通入海	轨道号：p121r034 成像时间：2009.05.19	养殖（72）	分布于河流入海口附近及海岸线沿线；蓝色或蓝黑色，形状较规则，边界清晰；内部呈现出清晰的条纹状纹理，整体呈长矩形排列分布	轨道号：p119r033 成像时间：2010.09.13
未利用地（81）	多分布于建设用地周边及内部、海岸线附近；呈亮白色、黄白色或白褐色；形状不规则，多成片分布；纹理粗糙	轨道号：p123r045 成像时间：2009.01.09			

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

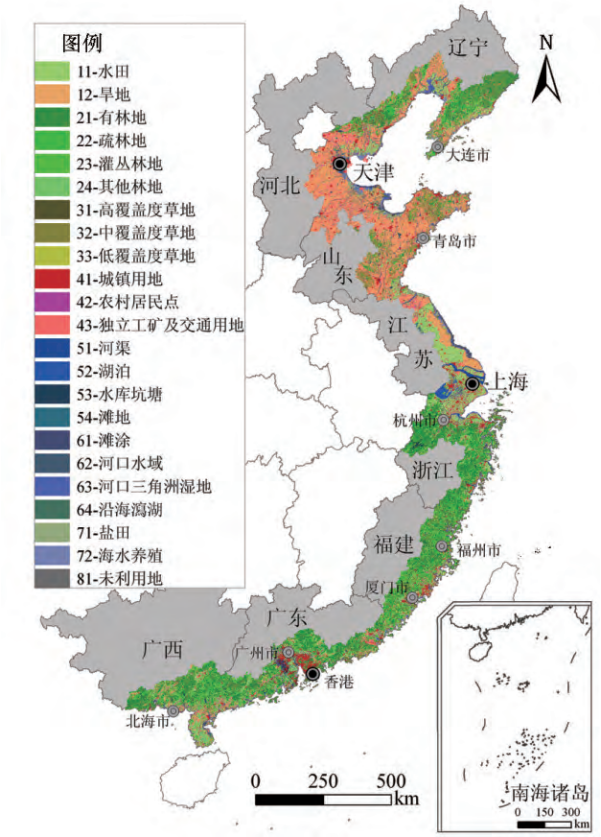

图1 2010年中国海岸带区域土地利用类型

Fig.1 Land use map of China's coastal zone in 2010

5 结论

针对我国海岸带土地利用多样性显著但国家尺度海岸带土地利用分类系统研究相对不足的现实，本文从陆海耦合和长期动态研究的需求出发，探索和建立基于Landsat TM/ETM+、HJ-CCD和Landsat 8等30m分辨率卫星影像数据的中国海岸带土地利用遥感分类系统，其中包含8个一级类型和24个二级类型，全面而简洁地涵盖了全国海岸带区域的土地资源类型，同时强调了海岸带湿地的细分。应用该分类系统，基于Landsat TM影像建立各用地类型的目视解译标志，并进行2010年中国海岸带区域土地利用遥感制图。数据解译过程以及后续野外考察过程中的直观认识均表明该分类系统具有较强的可行性。本研究可为开展全国尺度海岸带土地资源遥感调查、土地利用管理与规划、海岸带综合管理等工作提供参考。

参考文献(References)：

[1] 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(2)：35-40.

[2] 秦明周. 土地利用分类及其影响因素研究[J]. 地域研究与开发，1997，16(1)：13-16.

[3] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京：科学出版社，2003.

[4] Rees W G. Physical Principles of Remote Sensing[M]. Cambridge：Cambridge University Press，2013.

[5] 周可法，吴世新. 基于RS和GIS技术下城镇空间变化分析及应用研究[J]. 干旱区地理，2002，25(1)：61-64.

[6] 张景华，封志明，姜鲁光. 土地利用/土地覆被分类系统研究进展[J]. 资源科学，2011，33(6)：1195-1203.

[7] Beatley T，Brower D J，Schwab A K. An Introduction to Coastal Zone Management[M]. Washington：Island Press，2002.

[8] Field J G，Hempel G，Summerhayes C P. Oceans 2020：Science，Trends and the Challenge of Sustainability[M]. Washington D C：Island Press，2002.

[9] Hadley D. Land use and the coastal zone[J]. *Land Use Policy*，2009，26(S1)：S198-S203.

[10] Hepcan Ç C，Turan İ A，Özkan M B. Monitoring land use change in the CESME Coastal zone，Turkey using aerial photographs and satellite imaging[J]. *Land Degradation & Development*，2011，22(3)：326-333.

[11] Mattheus C R，Rodriguez A B，McKee B A，et al. Impact of land-use change and hard structures on the evolution of fringing marsh shorelines[J]. *Estuarine，Coastal and Shelf Science*，2010，88(3)：365-376.

[12] Dobson J E，Bright E A，Ferguson R L，et al. NOAA Coastal Change Analysis Program (C-CAP)：Guidance for Regional Implementation[M]. Washington：NOAA/National Marine Fisheries Service(NOAA Technical Report NMFS，123)，1995.

[13] European Environment Agency (EEA). CORINE Land Cover[EB/OL]. http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover，2012-06-12/2013-09-02.

[14] Teixido A L，Quintanilla L G，Carreño F，et al. Impacts of changes in land use and fragmentation patterns on Atlantic coastal forests in northern Spain[J]. *Journal of Environmental Management*，2010，91(4)：879-886.

[15] De Wit R，Leibreich J，Vernier F，et al. Relationship between land-use in the agro-forestry system of les Landes，nitrogen loading to and risk of macro-algal blooming in the Bassin d'Arcachon coastal lagoon (SW France)[J]. *Estuarine，Coastal and Shelf Science*，2005，62(3)：453-465.

[16] Malavasi M，Santoro R，Cutini M，et al. What has happened to

http://www.resci.net
?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

coastal dunes in the last half century? A multitemporal coastal landscape analysis in Central Italy[J]. *Landscape and Urban Planning*,2013,119:54-63.

[17] Mallinis G, Emmanoloudis D, Giannakopoulos V, et al. Mapping and interpreting historical land cover/land use changes in a Natura 2000 site using earth observational data: The case of Nestos delta, Greece[J]. *Applied Geography*, 2011, 31(1): 312-320.

[18] Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences (ABARES), Australian Government-Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. Australian Land Use and Management (ALUM) Classification Version 7[EB/OL]. http://adl.brs.gov.au/landuse/index.cfm?fa=main.classification, 2013-08-22/2013-09-02.

[19] Koarai M, Okatani T, Nakano T, et al. Geographic Information Analysis of Tsunami Flooded Area by the Great East Japan Earthquake Using Mobile Mapping System[R]. Melbourne: 2012XXII ISPRS Congress,2012.

[20] 吴传钧,蔡清泉,朱季文,等. 中国海岸带土地利用[M]. 北京:海洋出版社,1993.

[21] Liu J, Liu M L, Zhuang D, et al. Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995-2000[J]. *Science in China* (*Series D*),2003,46(4):373-384.

[22] 刘纪远,张增祥,庄大方,等. 20世纪90年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析[J]. 地理研究,2003,22(1):1-12.

[23] 侯西勇,徐新良. 21世纪初中国海岸带土地利用空间格局特征[J]. 地理研究,2011,30(8):1370-1379.

[24] 左丽君,徐进勇,张增祥,等. 渤海海岸带地区土地利用时空演变及景观格局响应[J]. 遥感学报,2011,15(3):604-620.

[25] 叶庆华,刘高焕,田国良,等. 黄河三角洲土地利用时空复合变化图谱分析[J]. 中国科学(D辑),2004,34(5):461-474.

[26] 刘高焕,刘庆生,叶庆华,等. 黄河三角洲土地利用动态监测与海岸带综合管理[J]. 资源科学,2006,28(5):171-175.

[27] 王玉,贾晓波,张广文,等. 江苏海岸带土地利用变化及驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(S1):7-12.

[28] 刘艳芬,张杰,马毅,等. 融合地学知识的海岸带遥感图像土地利用/覆被分类研究[J]. 海洋科学进展,2010,28(2):193-202.

[29] 闫淑君,洪伟,吴承祯. 闽江口琅岐岛土地利用景观格局变化及驱动力分析[J]. 热带作物学报,2010,31(8):1409-1415.

[30] 孙晓宇,苏奋振,吕婷婷,等. 珠江口西岸土地利用景观格局变化及驱动力分析[J]. 地球信息科学学报,2009,11(4):436-441.

[31] 吕志强,文雅,孙琤,等. 珠江口沿岸土地利用变化及其地表热环境遥感分析[J]. 生态环境学报,2010,19(8):1771-1777.

[32] 高义,苏奋振,孙晓宇,等. 近20a广东省海岛海岸带土地利用变化及驱动力分析[J]. 海洋学报,2011,33(4):95-103.

[33] 赵玉灵,张亚琳,聂洪峰,等. 中国东部重要经济区带湿地遥感调查与演变分析[J]. 国土资源遥感,2010,86(B11):163-168.

[34] 温庆可,张增祥,徐进勇,等. 环渤海滨海湿地时空格局变化遥感监测与分析[J]. 遥感学报,2011,15(1):183-200.

[35] 张华,张丽媛,伏捷,等. 辽宁省滨海湿地类型及生态服务价值研究[J]. 湿地科学,2009,7(4):342-350.

[36] 魏兰,汪小钦,陈芸芝. 近10年福州市滨海湿地变化研究[J]. 湿地科学,2011,9(3):251-256.

[37] 高义,苏奋振,孙晓宇,等. 珠江口滨海湿地景观格局变化分析[J]. 热带地理,2010,30(3):215-220.

[38] 张绪良,徐宗军,张朝晖,等. 中国北方滨海湿地退化研究综述[J]. 地质论评,2010,56(4):561-567.

[39] 李玉凤,刘红玉,孙贤斌,等. 基于水文地貌分类的滨海湿地生态功能评价-以盐城滨海湿地为例[J]. 生态学报,2010,30(7):1718-1724.

[40] 王斌,杨校生,张彪,等. 浙江省滨海湿地生态系统服务及其价值研究[J]. 湿地科学,2012,10(1):15-22.

[41] 刘毅,金凤君. 沿海地区人地关系协调发展战略[M]. 北京:商务印书馆,2005.

[42] 蔡运龙. 中国地理多样性与可持续发展[M]. 北京:科学出版社,2007.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Land Use Classification System for China's Coastal Zone Based on Remote Sensing

DI Xianghong[1,2], HOU Xiyong[1], WU Li[1,2]

(*1. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai* 264003, *China*;

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

Abstract: Land use classification systems are very important for land use studies and classification systems available for various remote sensing data have received much attention in recent years. In view of the diversity of land use and a lack of land use classification studies on China's coastal zone, we discuss research progress, available remote sensing images and mapping accuracy for land use in coastal zones in China and internationally. We then review the status quo of studies on coastal wetland classification systems in China. We found that almost all existing land use classification systems are suitable at specific regional scales only. Therefore, considering the main characteristics of China's coastal zone we developed an optimized and comprehensive land use classification system suitable for the whole coastal zone in China using archived time series Landsat TM/ETM+ images and HJ-CCD images. The system includes eight primary categories and 24 subcategories, which covers most types of land use. Primary categories include farmland, forest, grassland, built-up, inland freshwater, coastal saltwater, human made (saltwater) wetland and unused land. Based on archived Landsat TM images captured in 2010, visual interpretation marks of 24 land use types were created and the land use classification system tested by creating a land use map in 2010 for China's coastal zone. This land use classification system is very effective and suitable for visual interpretation of coastal land use based on remote sensing images at a spatial resolution of 30m.

Key words: coastal zone; land use; classification system; China

http://www.resci.net
?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net