

侯婉, 侯西勇. 2018. 考虑湿地精细分类的全球海岸带土地利用/覆盖遥感分类系统. 热带地理, 38(6): 866-873.
HOU Wan and HOU Xiyong. 2018. Remote Sensing Classification System of Land Use and Land Cover for Global Coastal Zone Considering Fine Classification of Wetlands. *Tropical Geography*, 38(6): 866-873.

考虑湿地精细分类的全球海岸带土地利用/ 覆盖遥感分类系统

侯婉^{1,2,3}, 侯西勇^{1,3}

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室, 山东 烟台 264003)

摘要: 土地利用/覆盖分类是土地利用/覆盖数据建立和土地利用/覆盖变化研究的重要前提。针对全球海岸带土地利用/覆盖类型多样性显著但分类系统鲜有专论的研究现状, 从全球海岸带区域的基本特征出发, 重点参考《湿地公约》以及区域至全球尺度的湿地分类系统, 严格遵循预先定义的分类依据以及分类原则, 提出全球海岸带土地利用/覆盖遥感分类系统, 包括6个一级类型, 分别为耕地、植被、湿地、建设用地、裸地、永久性冰川雪地, 20个二级类型和43个三级类型, 比较系统且全面地涵盖了全球海岸带区域的土地利用/覆盖类型和湿地资源。该分类系统层次清晰且分类严格, 综合考虑了宏观区域至全球尺度海岸带土地利用/覆盖分类及变化特征遥感监测研究所需, 充分重视了全球沿海区域丰富多样的湿地资源, 明确强调了全球高纬度地区苔原类型的归属及分类, 合理兼顾了低、中、高不同时空分辨率卫星数据的优势, 为建立多时相全球或代表性区域海岸带土地利用/覆盖变化数据集提供支持。

关键词: 海岸带; 土地利用/覆盖; 湿地分类; 遥感; 分类系统; 全球

中图分类号: TP79

文献标志码: A

文章编号: 1001-5221(2018)06-0866-08

DOI: 10.13284/j.cnki.rddl.003088

土地利用/覆盖分类是开展全球变化研究的重要基础, 科学合理的土地利用/覆盖分类系统是土地利用/覆盖变化研究中需优先解决的基本问题, 它影响分类结果的表达形式, 决定分类产品可满足的研究目的和应用领域(宫攀等, 2006)。随着对地观测技术的发展, 遥感广泛地应用于土地利用/覆盖等大尺度区域科学研究中, 为构建适合遥感数据特点的土地利用/覆盖分类系统提供了良好条件, 也为大范围土地利用/覆盖分类及动态监测提供了广阔前景(宫鹏等, 2016)。近年来, 陆续涌现了多个针对宏观区域至全球尺度的土地利用/覆盖分类系统, 但其共同特点是偏重于陆地区域的监测和研究, 对海岸带区域的刻画较为薄弱, 而专门针对于海岸带区域的土地利用/覆盖分类系统较少, 且多为中小尺度区域, 宏观的代表性不足(Grekousis et al., 2015)。

宏观尺度区域性的土地利用/覆盖分类系统中

较有代表性的有: 美国地质调查局(USGS)土地覆盖分类系统(蔡红艳等, 2010)、欧洲环境信息协作计划(CORINE)土地覆盖分类系统(张景华等, 2011)和中国土地资源分类系统(Ning et al., 2015)。3个系统都是针对较宏观的陆地区域, 均以中高空间分辨率的卫星影像为主要信息源, 所建立的产品反映“土地利用”的格局与过程特征。3个系统间的差异亦显著: USGS系统灵活机动, 可根据特定需求在二级分类的基础上进行扩充, 但在定义一级类别时, 兼顾土地利用状况和土地自然生态背景, 使得次级类别间存在混淆; CORINE系统分类严格且体系清晰, 但缺乏对土地资源类型的定量描述, 也缺乏对混合自然植被类型的相关描述; 中国土地资源分类系统兼顾土地覆盖遥感动态监测成果与土地利用地面常规调查成果, 便于分类产品的快速生产及有效更新。

收稿日期: 2018-03-23; 修回日期: 2018-11-18

基金项目: 国家自然科学基金国际合作项目(31461143032); 中国科学院A类战略性先导科技专项(XDA1906205)

作者简介: 侯婉(1991—), 女, 安徽亳州人, 博士研究生, 主要研究方向为海岸带土地利用/覆盖变化等, (E-mail) whou@yic.ac.cn;

通信作者: 侯西勇(1975—), 男, 山东泰安人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事海岸带土地利用变化与海岸线变化遥感监测、海岸带综合管理等方面的研究, (E-mail) xyhou@yic.ac.cn。

全球尺度土地利用/覆盖分类系统主要有: 国际地圈与生物圈计划 (IGBP) 分类系统 (刘远 等, 2017)、美国马里兰大学 (UMD) 分类系统 (Hansen et al., 2000) 和可扩展的联合国粮农组织 (FAO) 土地覆盖分类系统 (Di Gregorio et al., 2000)。3 个系统均定位于全球尺度陆地区域, 均以低空间分辨率的卫星影像为主要信息源, 所建立的产品也都是以对“土地覆盖”的表征为主。3 个系统间的差异亦显著: IGBP 和 UMD 系统根据量化的物理指标粗略地划定一些土地利用/覆盖类型, 分类较为简单, 更多地体现植被在土地利用/覆盖分类中的重要性, 灵活性和兼容性较差; FAO 系统是基于独立判断标准的参比分类系统, 不依赖于分类的尺度、地区以及数据的来源, 适用于不同的使用者, 每个使用者采用预先定义的分类器, 可根据个人需要添加属性进行扩展, 但缺乏对地球表层普遍存在的复合类型的有效考量。

海岸带土地利用/覆盖分类系统较少且多为国家尺度, 具有较大影响力的有: 美国海岸带变化分析计划 (C-CAP) 土地覆盖分类系统 (Klemas et al., 1993)、澳大利亚土地利用与管理 (ALUM) 分类系统 (ABARES et al., 2010) 和中国海岸带土地利用分类系统 (邸向红 等, 2014)。3 个系统均以 30 m 及更高空间分辨率的卫星影像为主要信息源, 主要刻画“土地利用”方面的信息。其差异性是: C-CAP 系统适用于海岸带这种具有特殊土地资源类型的区域, 但一级类型分类标准具有非唯一性, 次级类别之间存在混淆; ALUM 系统强调土地利用状况在土地利用/覆盖分类中的重要性, 弱化了土地自然生态背景的描述, 对海岸带湿地的划分也较为简单; 中国海岸带土地利用分类系统简洁实用, 较完整且全面地涵盖了我国海岸带区域的土地利用/覆盖类别, 但个别类型仅通过光学遥感手段还难以准确地确定其分布范围。

当前的宏观区域至全球尺度的土地利用/覆盖分类系统侧重于陆域特征, 若干国家级的海岸带土地利用/覆盖分类系统具有明确的针对性: 针对特定的研究目的和应用领域, 区域性海岸带分类系统的大多数类别具有适宜的概括性, 某些类别具有显著的独特性, 能够充分反映特定海岸带的土地资源类型, 但缺乏对全球海岸带土地利用/覆盖类型的普适性, 尤其是在海岸带湿地分类方面较为薄弱。城市、人口和工业聚集的全球海岸带是地球系统科学研究的重要“窗口”区域 (Masria et al., 2014); 为此, 有必要从全球海岸带区域基本特征出发, 参考海岸

带湿地分类的研究成果, 强调沿海区域湿地资源的合理划分, 建立全球海岸带土地利用/覆盖遥感分类系统, 以期为全球海岸带土地利用/覆盖分类及变化研究提供参考, 而且, 在当前“一带一路”战略逐渐推进的背景下, 加强全球海岸带土地资源及其开发利用方面的研究, 也能为“海上丝绸之路”的有序推进提供支持。

1 全球海岸带区域基本特征

海岸带土地利用/覆盖的类别组成和格局—过程特征与海岸带的自然条件和资源禀赋紧密相关, 因此, 充分认识海岸带区域的基本特征, 是开展海岸带区域土地利用/覆盖分类及变化研究的重要基础。海岸带地处陆地和海洋的交接地带, 是陆地系统与海洋系统相连接、交叉和耦合的重要地理单元 (张健 等, 2012; 张晓祥 等, 2013)。全球海岸带覆盖沿海陆域和近岸海域的大部分, 自然环境独特且人类活动影响深刻, 受全球陆海格局、气候、地形地貌、洋流、入海河流、植被等因素的影响, 土地利用/覆盖及其变化具有显著区别于陆地地区的特征。

具体而言, 全球海岸带区域的基本特征主要体现在: 1) 全球海岸带区域呈现明显的纬度地带性, 自赤道向两极包含热带雨林气候、热带草原气候、热带季风气候、热带沙漠气候、亚热带季风和季风性湿润气候、地中海气候、温带海洋性气候、温带季风气候、温带大陆性气候、寒带气候、高原山地气候等气候类型 (禅铎, 2015), 海岸带气候类型的纬度地带性直接影响海岸带土地利用/覆盖的宏观格局特征。2) 全球海岸带土地利用/覆盖的类别组成和格局—过程特征与地形地貌的区域特点密切相关, 沿海陆域的地形高低起伏明显、类型多种多样, 常态地形包括山地、丘陵和平原, 其中海岸侵蚀地貌和海岸堆积地貌是海岸带区域所独有的, 近岸海域地形多平坦, 常态地形包括丘陵、盆地和下水河谷 (万剑华 等, 2008)。3) 由于海岸的阻挡和摩擦作用, 洋流在海岸带区域的表现有别于开阔海域, 形成复杂的大陆架环流、浅内海环流、海峡海流等水动力环境, 海岸带区域的土地利用/覆盖和海域使用也呈现出一定程度的特殊性。例如, 由于风长期沿海岸平行吹刮, 导致海水在近岸积聚或流失, 出现升降流 (Joseph, 2014), 上升流显著的近岸区域渔业资源极为丰富、渔业活动较为显著。4) 作为海岸带陆海相互作用最直接的体现, 入海河流广泛分布于全球沿海区域, 例如, 尼罗河、亚马逊河、长

江、密西西比河、黄河、鄂毕河、湄公河、刚果河、勒拿河和黑龙江等 (Zhou et al., 2017), 河口区域咸淡水交界以及泥沙淤积形成大型河口三角洲, 使得海岸带的土地利用/覆盖显著区别于内陆区域。5) 植被是全球海岸带陆地表层自然带中最富有表现力的要素, 也是土地利用/覆盖分类中最重要生理参数, 自赤道向两极包括热带雨林、热带草原、亚热带常绿阔叶林、亚热带常绿硬叶林、温带混交林和温带落叶阔叶林、温带草原、亚寒带针叶林、苔原、冰原、荒漠、高山植物等植被类型 (Chiu et al., 2012; 刘凯等, 2016), 海岸带植被状况的区域差异直接导致了海岸带土地利用/覆盖类型的格局差别。6) 海岸带咸淡水交界面的特征决定了土地利用/覆盖的特殊性, 例如: 红树林、盐田、养殖等的广泛分布。

2 海岸带湿地分类系统

湿地是水陆相互作用形成的特殊自然综合体, 是地球上最复杂的生态系统和人类最重要的生存环境之一 (牟晓杰等, 2015)。作为重要的土地资源类型, 湿地广泛地发育于全球区域并为人类提供独

特的生态和经济服务, 包括净化水质、保持水土、存储碳库、为物种提供栖息地、稳定地下水位和调蓄洪水等 (朱鹏等, 2014)。全球沿海区域湿地资源丰富, 但海岸带土地利用/覆盖变化研究与沿海湿地科学研究的联系并不紧密, 总体上仍处于相互独立的发展阶段。当前及未来, 有必要促进2个研究领域的融合: 在海岸带土地利用/覆盖变化研究领域应该加强对海岸带湿地类型的划分, 而在湿地科学研究领域则有必要重视海岸带湿地演变对相邻陆地土地利用/覆盖变化的影响特征及机制。

2.1 《湿地公约》的湿地分类

湿地分类是湿地整体中各类型组成之间相互有序关系的反映, 也就是说, 分类的结果不只反映各类型间的区别, 更反映各类型间的关系; 《湿地公约》中的湿地分类 (表1) 是依照湿地本身的性质来制定分类标准的, 定义明确且分类具体, 得到了全球湿地科学工作者和各国政府湿地管理者的普遍认同, 而国际社会之所以接受这种湿地分类方式, 是因为该分类既满足了湿地分类实践的需求, 又为研究者认识和研究湿地提供了有效的支持 (崔保山等, 2006; Hu et al., 2017)。

表1 《湿地公约》的湿地分类系统

Tab.1 Wetland classification system of the Ramsar Convention

一级类型	二级类型	三级类型
天然湿地	海洋和海岸湿地	浅海水域、海床、珊瑚礁、岩石性海岸、沙或鹅卵石海岸、河口水域、潮间带海涂、咸水沼泽、红树林/潮间带森林、海岸性咸水湖、海岸性淡水湖、三角洲
	内陆湿地	河流/溪流、淡水湖、咸水湖、淡水沼泽/池塘、泥滩/沼泽、苔原/高山湿地、灌丛湿地、林木湿地、淡水泉 (包括绿洲)、地热湿地
人工湿地		池塘、灌溉地 (包括稻田)、盐田、水库、运河、污水处理厂等

2.2 区域至全球尺度的湿地分类

当前的区域至全球尺度的土地利用/覆盖产品中明确包含湿地分类的有: 美国国家土地覆盖数据NLCD (Wickham et al., 2017; Jin et al., 2017)、欧洲土地覆盖数据CORINE (Feranec et al., 2007; García-Álvarez et al., 2017)、加拿大土地覆盖数据Land-Cover

(Eum et al., 2016)、非洲土地覆盖数据AfriCover (Di Gregorio et al., 2009)、中国湿地分布数据库China-Wetland (牛振国等, 2009)、全球土地覆盖数据集IGBP-DISCover和GLC2000 (Bartholomé et al., 2005; Loveland et al., 2000), 以及全球湿地分布数据库GLWD (Lehner et al., 2004), 如表2所示。

表2 区域至全球尺度的湿地分类系统

Tab.2 Wetland classification systems at regional and global scales

土地利用/覆盖产品	水体	湿地
NLCD (美国)	河流/沟渠、湖泊、水库、海湾/河口	森林湿地、草本湿地、灌木与灌丛苔原、草本苔原、裸地苔原、混生苔原
区域尺度		
CORINE (欧洲)	内陆水体、河道、沿海潟湖、河口、海水	内陆沼泽、泥炭沼泽、盐沼、盐碱滩、潮滩
Land-Cover (加拿大)	水体	森林湿地、沼泽、草本湿地、苔藓湿地
AfriCover (非洲)	水体	草本湿地、森林湿地、洪泛湿地、盐碱湿地、红树林、沼泽
China-Wetland (中国)	河流、水库/池塘、人工河渠、城市景观/娱乐水面、河口水域、潟湖	洪泛湿地、湖泊湿地、内陆沼泽、海水养殖场/盐田、稻田/水田、潮间带/浅滩/海滩、滨海沼泽、河口三角洲/沙洲/沙岛
全球尺度		
IGBP-DISCover	水体	草本湿地、森林湿地、草本苔原、灌丛苔原、混合苔原
GLC2000	水体	草本湿地、森林湿地、草本苔原、灌丛苔原、洪泛湿地、盐碱湿地、红树林、沼泽
GLWD	湖泊、水库、河流	洪泛湿地、森林湿地、海岸湿地、盐碱湿地、沼泽、间歇湿地、混合湿地

由于湿地生态系统的多样性、复杂性以及湿地类型在不同区域的差异性,目前国际社会的湿地分类系统很不统一,且缺乏量化的分类指标,难以直接适用于全球海岸带区域的土地利用/覆盖遥感分类及变化研究。具体而言,《湿地公约》的湿地分类系统定义清晰且分类严格,比较完整且全面地涵盖了全球区域的主要湿地类型,但其依照湿地本身的性质确定湿地分类单元的指标这一特性,使得某些类别,如海岸性淡水湖和海岸性咸水湖,在当前的遥感数据条件下难以开展遥感解译工作,也无法直接获取准确可用的湿地信息。区域至全球尺度的湿地分类系统是根据湿地资源在地域上的分布差异和变化特征建立的具备定性分类指标、适合地域湿地特点、与国际湿地分类相衔接的分类系统,具有明确的针对性和目的性,类型固定且分类简单,但是,区域尺度的湿地分类系统表现出较为显著的区域性和独特性,不具备普适性,难以直接推广至全球海岸带区域。

3 全球海岸带土地利用/覆盖遥感分类系统

综上所述,随着对地观测技术的迅猛发展,有必要从全球海岸带区域的具体特征(尤其是其独特性)出发,参考土地利用/覆盖分类的研究成果,并结合遥感获取地物特征的能力,构建全球海岸带土地利用/覆盖遥感分类系统;该系统应该是多级的,大类层面遵循国际分类标准,细类层面则与全球海岸带特有的土地类型和湿地资源相结合。

3.1 分类依据及原则

3.1.1 分类依据 土地利用/覆盖分类是依据预先定义的诊断属性(分类器)对实际土地类型的概括,其诊断属性是由土地利用的人文特点、土地覆盖的自然禀性以及遥感影像的数据特征共同决定的。

全球海岸带土地利用/覆盖分类系统是按照特

定的分类规则,在逻辑框架(图1)的基础上建立的等级分类系统,构建过程主要分2个阶段:一是二分法阶段,采用独立的诊断属性(如有无植被覆盖、是否受人为作用、有无浅层积水、有无冰雪覆盖等)划分6个土地利用/覆盖大类,分别为耕地、植被、湿地、建设用地、裸地和永久性冰川雪地;二是逐级分层分类阶段,在上一阶段划分的6个大类基础上,采用归并的诊断属性对土地利用/覆盖类型进行细分,其中,特定的技术条件(如作物类型、植被类型、水质盐度、地物形态等)、土地的自然禀赋(如地形地貌、土壤质地、岩性、气候、海拔等)以及遥感获取地物特征的辨识能力均加以应用,这些属性并不是土地利用/覆盖类型的内在性质,但其分类影响深刻。

3.1.2 分类原则

1) 立足于全球尺度海岸带的土地利用/覆盖分类,运用分级式结构,由大类到细类(三级分类),构建逐级分层分类的等级分类体系。其中,一级类型遵循国际分类标准,力求反映全球海岸带土地利用/覆盖的基本特征,并能够与当前宏观区域至全球尺度的分类系统相衔接;二级或三级类型则需要结合全球海岸带特有的土地资源类型,即二级类型重点考虑全球海岸带的共性类型,三级类型充分覆盖区域性的、较典型的类型。

2) 湿地是海岸带区域重要的土地资源类型,海岸带土地利用/覆盖变化研究需要加强对海岸带湿地的重视,以满足宏观区域至全球尺度海岸带土地利用/覆盖分类及变化研究所需。

3) 基于多源卫星遥感影像,开展全球海岸带长时间序列土地利用/覆盖变化研究,应充分重视历史存档数据丰富且仍在不断更新中的30 m及更高空间分辨率卫星影像的价值,在系统性、整体性以及遥感手段为主的原则下,强调二级或三级类型在30 m及更高空间分辨率影像上的地物特征具备遥感

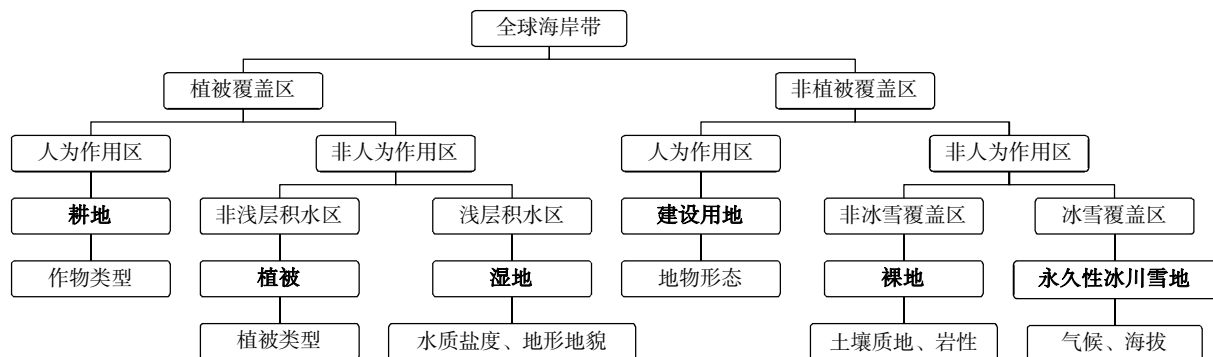


图1 全球海岸带土地利用/覆盖分类系统的逻辑框架

Fig.1 Logical frame of land use and land cover classification system for global coastal zone

解译的可辨识性,即分类系统中最小分类单元的划分取决于遥感影像的空间分辨率。

4) 考虑到土地利用/覆盖变化遥感监测的可操作性,分类结果力求系统全面、简洁实用,尽可能地保证湿地用地类型都有其明确的归属,避免出现分类过于复杂或易于混淆的情况。

3.2 分类系统的构建

基于上述分类依据及原则,构建全球海岸带土地利用/覆盖遥感分类系统,包括6个一级类型、20个二级类型和43个三级类型(表3)。将该分类系统

与当前的各种土地利用/覆盖分类系统及湿地分类系统相比较,可以发现:1)一级类型是对实际土地类型的高度概括,能够与当前宏观区域至全球尺度的分类系统相兼容;2)二级或三级类型是对海岸带土地类型的详尽描述,其中,耕地、林地、灌丛、草地、建设用地、裸地和永久性冰川雪地细分出的24个三级类型,能够与当前的各种土地利用/覆盖分类系统相衔接,而苔原、咸水湿地和淡水湿地细分出的19个三级类型,能够与当前的各种湿地分类系统相衔接。

表3 全球海岸带土地利用/覆盖分类系统

Tab.3 Land use and land cover classification system for global coastal zone

一级类型		二级类型		三级类型		含义		
编码	名称	编码	名称	编码	名称			
1	耕地	11	水淹或灌溉耕地	111	水淹或灌溉耕地	有水源保证和灌溉设施,用以种植水稻等水生作物的耕地		
		12	雨养耕地	121	雨养耕地	无灌溉水源及设施,单纯依靠天然降水生长作物的耕地		
		13	耕地与植被镶嵌	131	耕地与植被镶嵌	由耕地、乔木、灌丛和草本组成的混合用地,每类盖度不超过60%		
2	植被	21	林地	211	常绿阔叶林	覆盖度>60%,高度>2m,保持常绿,具有较宽叶片的乔木林地		
				212	落叶阔叶林	覆盖度>60%,高度>2m,有明确落叶周期和较宽叶片的乔木林地		
				213	常绿针叶林	覆盖度>60%,高度>2m,保持常绿,具有针状叶片的乔木林地		
				214	落叶针叶林	覆盖度>60%,高度>2m,有明确落叶周期和针状叶片的乔木林地		
				215	混交林	多种林地类型的镶嵌体,每类盖度均不超过60%		
		22	灌丛	221	郁闭灌丛	覆盖度>60%,高度<2m,常绿或落叶的木本植被用地		
				222	开放灌丛	覆盖度在10%~60%,高度<2m,常绿或落叶的木本植被用地		
		23	草地	231	多树草原	林地盖度在30%~60%,高度>2m,和草本植被组成的混合用地		
				232	稀树草原	林地盖度在10%~30%,高度>2m,和草本植被组成的混合用地		
				233	草地	由草本植被类型覆盖,乔木和灌丛盖度小于10%		
		24	苔原	241	乔木与灌丛苔原	乔木和灌丛盖度在30%~60%,和苔藓植被组成的混合用地		
242	草本苔原			草本盖度在30%~60%,和苔藓植被组成的混合用地				
243	裸地苔原			覆盖多年生苔藓植被的地表,乔木、灌丛和草本盖度小于10%				
3	湿地	31	咸水湿地	311	岩石或沙石海岸	底部基质以岩石、砂、砾石为主,潮间植被盖度<30%的硬质海岸		
				312	潮间滩涂	底质为淤泥,植被盖度<30%,含潮间泥滩、沙滩和咸/碱水沼泽		
				313	珊瑚礁	珊瑚聚集生长而成的湿地,包括珊瑚礁及其邻近海域		
				314	红树林湿地	以红树植物群落为主的潮间湿地		
				315	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		
				316	河口水域	近口段湖区界(潮差为零)至口外海滨段淡水舌锋缘的永久性水域		
				317	海水养殖和盐田	人工或依自然修建的用于海水蒸发制盐或养殖的池塘		
				318	沿海潟湖	有通道与海水相连的咸水、碱水湖		
				319	浅海水域	低潮时水位低于6m的海域,包括海湾和海峡		
		32	淡水湿地	321	河流和沟渠	天然形成或人工挖建的河流及常年水位以下的土地		
				322	湖泊	天然形成的积水区及常年水位以下的土地		
				323	水库坑塘	人工修建的蓄水区及常年水位以下的土地		
				324	泥炭藓沼泽	由藓类植被群落组成、植被盖度>30%的淡水沼泽		
				325	草本沼泽	由草本植被群落组成、植被盖度>30%的淡水沼泽		
				326	灌丛沼泽	由灌丛植被群落组成、植被盖度>30%的淡水沼泽		
		327	森林沼泽	植被盖度>30%,高度>6m的木本植被群落淡水沼泽				
		4	建设 用地	41	城镇用地	411	城镇用地	城市及县镇以上建成区用地
				42	农村居民点	421	农村居民点	镇以下居民点用地
				43	独立工矿及交通用地	431	独立工矿及交通用地	独立于城镇的工厂矿区用地,如交通运输用地、机场及特殊用地
44	港口用地及水域			441	港口用地及水域	港池与航运码头及其邻近海域		
5	裸地	51	沙地	511	沙地	底质以沙为主、植被盖度<5%的土地,不含水系中的沙滩		
		52	戈壁	521	戈壁	底质以砾石为主、植被盖度<5%的土地		
		53	盐碱地	531	盐碱地	表层盐碱聚集、植被稀少,只有耐盐碱性植被生长的土地		
		54	裸土地	541	裸土地	表层土质覆盖、植被盖度<5%的土地		
		55	裸岩	551	裸岩	底质以岩石为主、植被盖度<5%的土地		
6	永久性冰 川雪地	61	永久积雪	611	永久积雪	常年覆盖积雪的地表,分布在雪线以上		
		62	冰川	621	冰川	常年覆盖天然冰体的地表,主要分布在极地区		

3.3 分类系统的分析

本文构建的全球海岸带土地利用/覆盖分类系统,以30 m及更高空间分辨率的卫星影像为主要信息源,兼顾土地利用的人文特点和土地覆盖的自然禀性,一级类型严格遵循国际分类标准,分成耕地、植被、湿地、建设用地、裸地和永久性冰川雪地,二级或三级类型着重强调逐级分层分类原则,耕地、建设用地、裸地和永久性冰川雪地被细分为14个三级类型,植被和湿地被细分为29个三级类型,共计43个基本类型,最终形成一个自上至下的等级分类系统。总体而言,本文分类系统层次清晰、分类严格,比较系统且全面地涵盖了全球海岸带区域的主要土地利用/覆盖类型。其中,最值得关注的是对湿地和植被的分类:1)根据湿地的定义和国际分类标准,强调遥感数据特点和地物可辨识能力,对全球海岸带区域的湿地资源进行分类,尽可能地确保遥感影像可辨识的湿地类型能够在该分类系统找到其明确的归属,为将来全球海岸带区域土地利用/覆盖产品制备及变化监测提供支持与借鉴;2)林地、灌丛、草地和苔原都被划归到植被大类,其中,对苔原的分类强调其植被属性,原因在于光学遥感技术对植被的辨识能力更为突出。

与当前的各种土地利用/覆盖分类系统及湿地分类系统相比,本文分类系统的主要特征包括:1)综合考虑宏观区域至全球尺度海岸带土地利用/覆盖分类及变化特征遥感监测研究所需;2)充分重视全球沿海区域丰富多样的湿地资源,包括咸水湿地和淡水湿地,共计16个三级类型;3)明确全球高纬度地区苔原类型的归属及分类,将其归于植被,包括乔木与灌丛苔原、草本苔原和裸地苔原,但是这一处理方式并不影响在具体应用的过程中根据实际需要而将其归入“湿地”大类;4)日渐丰富的全球沿海区域多源、多传感器光学遥感卫星数据以及高程/水深数据等相互结合,能够充分支持和满足按照这一分类系统进行全球及区域尺度海岸带土地利用/覆盖变化的动态监测,而且,能够兼顾低、中、高不同时空分辨率卫星数据的优势;5)基于该分类系统建立多时相全球或代表性区域海岸带土地利用/覆盖变化数据集,有助于提升和促进海岸带土地利用/覆盖变化与湿地演变之间相互关系的理解和认识,从而为气候变化和人类活动耦合影响背景下的海岸带综合管理提供支持。

4 结论

综上所述,现存的宏观区域至全球尺度的土地

利用/覆盖分类系统侧重于陆地区域的监测和研究,若干国家级的海岸带土地利用/覆盖分类系统具有明确的针对性和目的性,缺乏对全球海岸带区域土地利用/覆盖类型的普适性,特别是在海岸带湿地分类方面较为薄弱。

鉴于全球海岸带区域土地利用/覆盖类型多样性显著但分类系统鲜有专论的现状,从全球海岸带区域的基本特征出发,综合参考《湿地公约》以及若干区域至全球尺度的湿地分类系统,重视沿海区域湿地资源的合理分类,提出了一个包含3级体系共43个基本类型的全球海岸带土地利用/覆盖遥感分类系统。该系统较为完整且全面地涵盖了全球海岸带区域的土地资源类型,尤其是强调了滨海湿地的科学划分,分类清晰且细致,包含咸水湿地和淡水湿地2个二级类以及16个三级类,而针对苔原的分类,借鉴了植被状况这一生理参数,分类指标具备代表性和典型性,并且也不影响在应用过程中根据具体情况将其归入“湿地”大类。这样的分类系统既能不受源数据类型的限制,为建立全球海岸带土地利用/覆盖数据库服务,又能适用于不同的研究者,可以根据个人的需求增删类别进行分类系统的灵活扩展,为不同尺度海岸带区域的科学研究提供应用。

参考文献 (References):

- Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences (ABARES) and Australian Government-Department of Agriculture, Fisheries and Forestry (AGDAFF). 2010. The Australian Land Use and Management(ALUM)Classification Version 7. [2010-05-10]. http://www.agriculture.gov.au/abares/aclump/Documents/ALUM_Classification_V7_May_2010_detailed.pdf.
- Bartholomé E and Belward A S. 2005. GLC2000: a new approach to global land cover mapping from Earth observation data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(9): 1959-1977.
- Chiu C A, Lin P H, Hsu C K and Shen Z H. 2012. A novel thermal index improves prediction of vegetation zones: Associating temperature sum with thermal seasonality. *Ecological Indicators*, (23): 668-674.
- 蔡红艳,张树文,张宇博. 2010. 全球环境变化视角下的土地覆盖分类系统研究综述. *遥感技术与应用*, 25(1): 161-167. [Cai Hongyan, Zhang Shuwen and Zhang Yubo. 2010. Review of Land Cover Classification System under Global Environmental Change View. *Remote Sensing Technology and Application*, 25(1): 161-167.]
- 禅铎. 2015. 全球变暖背景下地球表面温度和气候带变化的检测、归因与预测. 南京: 南京大学. [Chan Duo. 2015. Detection, Attribution and Projection of Changes in Surface Temperature and Climate Classes under Global Warming Background. Nanjing: Nanjing University.]
- 崔保山, 杨志峰. 2006. 湿地学. 北京: 北京师范大学出版社. [Cui Baoshan and Yang Zhifeng, 2006. *Wetlands*. Beijing: Beijing Normal

- University Press.]
- Di Gregorio A and Jansen L J M. 2000. Land Cover Classification System (LCCS): classification concepts and user manual. Rome: FAO.
- Di Gregorio A and Latham J. 2009. Africover land cover classification and mapping project. [2009-05-01]. Land Use, Land Cover and Soil Sciences. <http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C12/E1-05-01-09.pdf>.
- 邸向红, 侯西勇, 吴莉. 2014. 中国海岸带土地利用遥感分类系统研究. 资源科学, 36(3): 463-472. [Di Xianghong, Hou Xiyong and Wu Li. 2014. Land Use Classification System for China's Coastal Zone Based on Remote Sensing. *Resources Science*, 36(3): 463-472.]
- Eum H, Dibike Y and Prowse T. 2016. Comparative evaluation of the effects of climate and land-cover changes on hydrologic responses of the Muskeg River, Alberta, Canada. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, (8): 198-221.
- Feranec J, Hazeu G, Christensen S and Jaffrain G. 2007. Corine land cover change detection in Europe (case studies of the Netherlands and Slovakia). *Land Use Policy*, (24): 234-247.
- García-Álvarez D and Teresa Camacho Olmedo M. 2017. Changes in the methodology used in the production of the Spanish CORINE: Uncertainty analysis of the new maps. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, (63): 55-67.
- Grekousis G, Mountrakis G and Kavouras M. 2015. An overview of 21 global and 43 regional land-cover mapping products.. *International Journal of Remote Sensing*, 36(21): 5309-5335.
- 宫攀, 陈仲新, 唐华俊, 张凤荣. 2006. 土地覆盖分类系统研究进展. 中国农业资源与区划, 27(2): 35-40. [Gong Pan, Chen Zhongxin, Tang Huajun and Zhang Fengrong. 2006. Progress of the research on classification system of land vegetation. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 27(2): 35-40.]
- 宫鹏, 张伟, 俞乐, 李丛丛, 王杰, 梁璐, 李雪草, 计璐艳, 白玉琪. 2016. 全球地表覆盖制图研究新范式. 遥感学报, 20(5): 1002-1016. [Gong Peng, Zhang Wei, Yu Le, Li Congcong, Wang Jie, Liang Lu, Li Xuecao, Ji Luyuan and Bai Yuqi. 2016. New research paradigm for global land cover mapping. *Journal of Remote Sensing*, 20(5): 1002-1016.]
- Hansen M C, Defries R S, Townshend J R G and Sohlberg R. 2000. Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. *International Journal of Remote Sensing*, 21(6/7): 1331-1364.
- Hu S J, Niu Z G, Chen Y F, Li L F and Zhang H Y. 2017. Global wetlands: Potential distribution, wetland loss, and status. *Science of the Total Environment*, (586): 319-327.
- Jin S M, Yang L M, Zhu Z and Homer C. 2017. A land cover change detection and classification protocol for updating Alaska NLCD 2001 to 2011. *Remote Sensing of Environment*, 195: 44-55.
- Joseph A. 2014. Chapter 1-Oceanic Currents and Their Implications. [2013-08-15]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124159907000016>.
- Klemas V V, Dobson J E, Ferguson R L and Haddad K D. 1993. A Coastal Land Cover Classification System for the NOAA Coastwatch Change Analysis Project. *Journal of Coastal Research*, 9(3): 862-872.
- Lehner B and Do'il P. 2004. Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology*, 296: 1-22.
- Loveland T R, Reed B C, Brown J F, Ohlen D O, Zhu Z, Yang L and Merchant J W. 2000. Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 21(6/7): 1303-1330.
- 刘凯, 朱远辉, 李骞, 李越男, 肖望昊, 蒙琳. 2016. 基于多源遥感的广东镇海湾红树林演变分析. 热带地理, 36(5): 850-859. [Liu Kai, Zhu Yuanhui, Li Qian, Li Yuenan, Xiao Wanghao and Meng Lin. 2016. Analysis on Mangrove Resources Changes of Zhenhai Bay in Guangdong Based on Multi Source Remote Sensing Images. *Tropical Geography*, 36(5): 850-859.]
- 刘远, 周买春. 2017. 3种IGBP分类系统的土地覆盖数据在韩江流域的对比分析. 遥感技术与应用, 32(3): 567-584. [Liu Yuan and Zhou Maichun. 2017. Comparative Analysis on Three Land Cover Datasets based on IGBP Classification System over Hanjiang River Basin. *Remote Sensing Technology and Application*, 32(3): 567-584.]
- Masria A, Negm A, Iskander M and Saavedra O. 2014. Coastal zone issues: a case study (Egypt). *Procedia Engineering*, 70: 1102-1111.
- 牟晓杰, 刘兴土, 阎百兴, 崔保山. 2015. 中国滨海湿地分类系统. 湿地科学, 13(1): 19-26. [Mou Xiaojie, Liu Xingtu, Yan Baixing and Cui Baoshan. 2015. Classification System of Coastal Wetlands in China. *Wetland Science*, 13(1): 19-26.]
- Ning J, Liu J Y and Zhao G S. 2015. Spatio-temporal Characteristics of Disturbance of Land Use Change on Major Ecosystem Function Zones in China. *Chinese Geographical Science*, 25(5): 523-536.
- 牛振国, 宫鹏, 程晓, 魏建宏, 王琳, 黄华兵, 沈少青, 吴昀昭, 王晓凤, 王显威, 应清, 梁璐, 张丽娜, 王雷, 姚谦, 杨镇钟, 郭子祺, 戴永久. 2009. 中国湿地初步遥感制图及相关地理特征分析. 中国科学(地球科学), 39(2): 188-203. [Niu Zhenguo, Gong Peng, Cheng Xiao, Guo Jianhong, Wang Lin, Huang Huabing, Shen Shaoqing, Wu Junzhao, Wang Xiaofeng, Wang Xianwei, Ying Qing, Liang Lu, Zhang Lina, Wang Lei, Yao Qian, Yang Zhenzhong, Guo Ziqi and Dai Yongjiu. 2009. Geographical characteristics of China's wetlands de-ri-ved from remotely sensed data. *Science China (Earth Sciences)*, 39(2): 188-203.]
- Wickham J, Stehman S V, Gass L, Dewitz J A, Sorenson D G, Granneman B J, Poss R V and Baer L A. 2017. Thematic accuracy assessment of the 2011 National Land Cover Database (NLCD). *Remote Sensing of Environment*, 191: 328-341.
- 万剑华, 刘树生, 马毅, 张杰. 2008. 基于遥感的海岸带地貌类型信息提取方法研究. 测绘通报, (12): 15-17, 72. [Wan Jianhua, Liu Shusheng, Ma Yi and Zhang Jie. 2008. Research on Geomorphologic Information Extraction in Coastal Zone Based on Remote Sensing. *Bulletin of Surveying and Mapping*, (12): 15-17, 72.]
- Zhou R, Li Y Z, Wu J J, Gao M, Wu X Q and Bi X L. 2017. Need to link river management with estuarine wetland conservation: A case study in the Yellow River Delta, China. *Ocean & Coastal Management*, 146: 43-49.
- 张健, 濮励杰, 陕永杰, 张润森, 许艳, 朱明, 彭补拙. 2012. 海岸带土地开发利用及生态环境效应研究简述. 长江流域资源与环境, 21(1): 36-43. [Zhang Jian, Pu Lijie, Shan Yongjie, Zhang Runsen, Xu

- Yan, Zhu Ming and Peng Buzhuo. 2012. Progress of the research on land exploitation and its use and eco-environmental effects of coastal zone. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 21(1): 36-43.]
- 张景华, 封志明, 姜鲁光. 2011. 土地利用/土地覆盖分类系统研究进展. *资源科学*, 33(6): 1195-1203. [Zhang Jinghua, Feng Zhiming and Jiang Luguang. 2011. Progress on Studies of Land Use/Land Cover Classification Systems. *Resources Science*, 33(6): 1195-1203.]
- 张晓祥, 徐盼, 戴煜暄, 申翔, 汤春峰. 2013. 海岸带城市土地利用变化分析——以江苏盐城市为例. *热带地理*, 33(3): 291-298. [Zhang Xiaoxiang, Xu Pan, Dai Yuxuan, Shen Xiang, Tang Chunfeng. 2013. Land Use Change Analysis of Coastal City: A Case Study of Yancheng. *Tropical Geography*, 33(3): 291-298.]
- 朱鹏, 宫鹏. 2014. 全球陆表湿地潜在分布区制图及遥感验证. *中国科学: 地球科学*, 44(8): 1610-1620. [Zhu Peng and Gong Peng. 2014. Suitability mapping of global wetland areas and validation with remotely sensed data. *Science China: Earth Sciences*, 44(8): 1610-1620.]

Remote Sensing Classification System of Land Use and Land Cover for Global Coastal Zone Considering Fine Classification of Wetlands

HOU Wan^{1,2,3}, HOU Xiyong^{1,3}

(1. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Key Laboratory of Coastal Environmental Processes and Ecological Remediation, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China)

Abstract: Land use and land cover (LULC) classification is the important foundation for research on global changes, while establishing a scientific LULC classification system is the fundamental question for research on LULC changes, which is in need of being solved at first. It can influence the expressive methods of classification results, determine the research purposes and application areas of classification product. The existing LULC classification systems on regional or global scales place emphasis on monitoring and research in land areas, while several coastal LULC classification systems on national scale show specific pertinence and teleonomy. It is lack of universality of LULC categories in the global coastal zone, especially in the classification of coastal wetlands. In view of the significant diversity of LULC categories and a lack of LULC classification systems in the global coastal zone, the main research works are as follows: a detailed overview of global coastal zone was presented; the Ramsar Convention was of particular concern, as were several wetland classification systems on regional or global scales; the classification rules and classification principles were defined and followed strictly. As a result of this study, we established one kind of LULC classification system for global coastal zone considering fine classification of wetlands. More specifically, this classification system, which covers most types of land resources comprehensively, includes six primary categories and 20 secondary categories as well as 43 tertiary categories. It is worth mentioning that primary categories mainly include cropland, vegetation, wetland, built-up area, bare area and permanent ice and snow; furthermore, tertiary categories emphasize the division of coastal wetland resources adequately and accurately, including coastal saltwater and inland freshwater, which hold a total of 16 basic categories. This classification system has clear hierarchy and strict classification, as compared with the traditional classification systems. The advantages of this system are as follows: 1) it meets the need of remote sensing monitoring research on LULC classifications and changes in coastal zones on regional or global scales; 2) it attaches importance to the rich and diverse wetland resources in the global coastal areas; 3) it emphasizes the attribution and classification of tundra in the high latitudes of the world; 4) it takes into account the advantages of low, medium and high spatial resolution satellite data. Overall, such a classification system can provide support for establishing the multi-temporal datasets of LULC changes in the global or regional coastal zones, which is not restricted by the source data types; it can also provide service for scientific research on coastal zones on different scales by adding and deleting categories, which is applicable to different researchers.

Key words: coastal zone; land use and land cover; wetland classification; remote sensing; classification system; globally