

1987—2017年莱州湾沿岸土地利用变化及其对海岸线变化的影响

王志成^{1,2,3}, 高志强^{1,3}, 尚伟涛^{1,3}, 姜晓鹏^{1,3}

(1. 中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室(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. 山东省海岸带环境过程重点实验室, 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东烟台 264003)

摘要: [目的] 阐释莱州湾沿岸土地利用变化及其对海岸线的影响, 为政府以及相关部门在进行海岸线规划提供土地利用方面的数据支撑。[方法] 提取莱州湾近岸 1987—2017 年的土地利用变化信息以及海岸线空间分布, 计算土地利用程度指数, 随后利用 DSAS 计算相邻时相海岸线各段的变化速率, 通过 ArcGIS 软件的叠加分析工具, 得到影响各个时相海岸线变化速率和海岸线长度的信息。[结果] ① 1987—2017 年, 水产养殖用地、盐场用地以及建设用地面积逐渐增加; 内陆水体面积总体呈增加趋势; 裸地呈减少趋势; 草地和耕地则先增加后减少; 林地变化不明显。② 土地利用程度逐渐变强, 土地利用程度强等级由零散点分布变为集中面状分布。③ 土地利用以围填海的形式影响海岸线的变化速率。莱州湾内部的围海和人工填海使得岸线向海推进。黄河泥沙淤积填海使得黄河三角洲处的岸线向海推进, 而该处岸线的背海移动则主要受到海水影响。[结论] 莱州湾沿岸土地利用变化明显, 土地利用程度逐年变强。土地利用以围填海的形式影响海岸线的变化速率, 使得海岸线既有向海推进又有背海移动。裸地和水产养殖用地为 1987—2005 年影响海岸线长度的主导因素, 建设用地和裸地为 2005—2017 年影响海岸线长度的主导因素。

关键词: 莱州湾; 土地利用变化; 土地利用程度; 海岸线变化速率; 围填海

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2021)01-0309-08

中图分类号: TP79, P748

文献参数: 王志成, 高志强, 尚伟涛, 等. 1987—2017 年莱州湾沿岸土地利用变化及其对海岸线变化的影响[J]. 水土保持通报, 2021, 41(1): 309-316. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2021. 01. 042; Wang Zhicheng, Gao Zhiqiang, Shang Weitao, et al. Land use change and its influence on coastline change along Laizhou Bay during 1987—2017 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(1): 309-316.

Land Use Change and Its Influence on Coastline Change Along Laizhou Bay During 1987—2017

Wang Zhicheng^{1,2,3}, Gao Zhiqiang^{1,3}, Shang Weitao^{1,3}, Jiang Xiaopeng^{1,3}

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

Abstract: [Objective] The land use change and its influence on coastline change along Laizhou Bay was illustrated in order to provide land use data support for the government and relevant departments in coastline planning. [Methods] The land-use and land-cover change (LUCC) information of the coastwise area of Laizhou Bay and spatial distribution of coastlines from 1987 to 2017 was extracted, and land use degree index was calculated. Then the digital shoreline analysis system (DSAS) was used to calculate the adjacent phase change rate of coastlines. By the tool of overlay in ArcGIS, the factors which influence the change rate and

收稿日期: 2020-07-06

修回日期: 2020-09-27

资助项目: 山东省联合资助项目“人类活动对山东半岛典型海湾生态系统环境的影响及其碳储效应”(U1706219); 国家自然科学基金(41876107); 中国科学院海洋大科学研究中心重点部署项目(COMS2019J02); 中国科学院前沿科学重点研究计划(ZDBS-LY-7010)

第一作者: 王志成(1995—), 男(汉族), 山东省青岛市人, 硕士研究生, 研究方向为海岸带遥感。Email: zcwang@yic.ac.cn.

通讯作者: 高志强(1966—), 男(汉族), 山东省滨州市人, 研究员, 博士, 主要从事海洋灾害、海岸带土地利用研究。Email: zgao@yic.ac.cn.

length of coastlines were obtained. [Results] ① The area of aquaculture land, salt farm land and construction land had increased gradually from 1987 to 2017; and the area of inland water had increased on the whole; the area of bare land had decreased; and the area of grassland and cultivated land had increased and then decreased; the change of forest land had not been obvious. ② The land use degree had gradually become stronger, the land use degree with strong grade had changed from scattered distribution to centralized facet distribution. ③ Land use had affected the change rate of coastline in the form of reclamation of the sea. The enclosed sea and artificial making grounds within Laizhou Bay had pushed the coastlines to the sea; The coastline of the Yellow River delta had been pushed to the sea by the sedimentation of the Yellow River and the backsea movement of the coastlines had mainly been affected by seawater. [Conclusion] The land use along Laizhou Bay had changed obviously, and the degree of land use had been getting stronger. Land use affected the change rate of coastline in the form of reclamation of the sea, which made the coastline both advance to the sea and move back to the sea. Bare land and aquaculture land were the leading factors influencing coastline length from 1987 to 2005, while construction land and bare land were the leading factors influencing coastline length from 2005 to 2017.

Keywords: Laizhou Bay; land-use and land-cover change (LUCC); land use degree; change rate of coastline; reclamation of sea

海岸线是海洋和陆地之间的分界线^[1],是近海环境要素的重要组成部分^[2],也是地球重要的线性特征^[3]。影响海岸线变化的因素分为自然因素和人为因素^[4],自然因素包括河流泥沙淤积、潮汐和波浪作用等^[5],人为因素包括沿海的水产养殖、沿海城市扩张、港口和堤坝的修筑等^[6]。

近年来,众多学者对海岸线展开了科学研究。刘鹏等^[2]研究了黄河三角洲 1959—2002 年岸线的长度、变化速率以及分形维数;王建等^[7]研究了莱州湾岸线在 1973—2016 年的演化并且探讨了海岸侵蚀和淤积的机理;温馨燃等^[8]以环渤海为研究区,研究分析了 1985—2017 年环渤海地区的围填海岸线演化、岸线围垦强度演化等;李亚宁等^[9]研究了近 20 a 渤海岸线和围填海的时空演变;李博炎等^[10]对环渤海地区的岸线和围填海信息进行提取,研究了其具体进程和驱动因素;李刚等^[11]研究分析了浙江三沙湾海岸类型的演变以及岸线的变迁;沈昆明等^[12]利用 DSAS 分析了海州湾的岸线变化;Mujabar 等^[13]分析了 Kanyakumari 和 Tuticorin 之间的岸线变化;Addo 等^[14]检测了加纳阿克拉海岸岸线的衰退,并对岸线的衰退进行了预测;Sui 等^[15]分析了印度尼西亚海岸线在 1990—2018 年的时空变化特征;Emran 等^[16]研究了孟加拉国 Sandwip 岛的海岸线变化和侵蚀—冲积演化;Esteves 等^[17]分析了季节和年际对巴西南部南大河段海岸线变化规律的影响。大多数研究聚焦于海岸线的分形维数、变化速率等方面,从土地利用方面对海岸线的研究较少。

莱州湾内的滩涂为淤泥质滩涂,适合填海以及围海养殖,受黄河泥沙入海以及人类活动的影响,湾内的海岸线在近 30 a 间发生了显著变化,黄河泥沙淤积填海、人工填海、围海均使得海岸线发生了变化,使得莱州湾在此方面具有一定的典型性。因此,有必要从土地利用的角度对莱州湾内的海岸线进行研究,以期从土地利用变化的角度认识海岸线的变化及其变化原因,进而为政府以及相关部门在进行海岸线规划时提供土地利用方面的数据支撑。

1 研究区概况

研究区位于山东省北部,经纬度范围为 118. 441°—119. 792°E, 36. 79°—38. 29°N,主要包括东营市东北部、烟台市西部以及潍坊市北部地区等,地形以平原为主。气候为温带季风气候,夏季炎热且降水较多,冬季寒冷且干燥。区内的河流主要有黄河、小清河、白浪河以及广利河。自然资源主要包括地下卤水、渔业资源、油气资源等,其中矿产资源主要以石油为主。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

研究所用数据分为遥感数据、GPS 实测土地利用数据以及无人机航拍数据。使用遥感数据进行土地利用分类以及海岸线提取,所用遥感数据包括 Landsat TM/ETM⁺/OLI 数据,均从地理空间数据云网站获取(<http://www.gscloud.cn/>),研究所选时间范围为 1987—2017 年,成像时间均在 10 月份,

时间间隔为 6 a;其中,1987 年与 1993 年选用 Landsat TM 数据,1999,2005 年以及 2011 年选用 Landsat ETM⁺ 数据,而 2017 年则选用 Landsat OLI 数据。使用 GPS 轨迹所记录的实地的土地利用数据以及无人机航拍数据对分类结果进行修正以使其达到精度要求。

2.2 莱州湾土地利用分类及海岸线提取

基于面向对象的分类方法,对遥感影像进行分类,将其分为耕地、建设用地、林地、内陆水体、裸地、草地、水产养殖、潮滩、盐场用地。由于研究区范围较大、土地利用类型较多以及“异物同谱”现象的存在,若对分割后的整个研究区影像进行决策树分类,会产

生大量的“错分、漏分”现象,从而导致分类结果的精度较低。因此,本研究采用“先分块,后分类”的策略,首先利用一个相对较大的尺度参数对研究区影像进行分割,将影像分割为几个较大的影像块,此时每个较大影像块内的土地利用类型数目相对于整个研究区影像有所减少;随后根据每个较大影像块内的土地利用类型的尺寸,选取小尺度参数对每个较大的影像块进一步分割;最后,在每一个较大影像块内均选择训练样本,训练其专属的决策树分类器,并利用各自的分类器实现分类(图 1)。为了保证莱州湾海岸线的提取精度,采用人工解译的方式提取莱州湾海岸线。

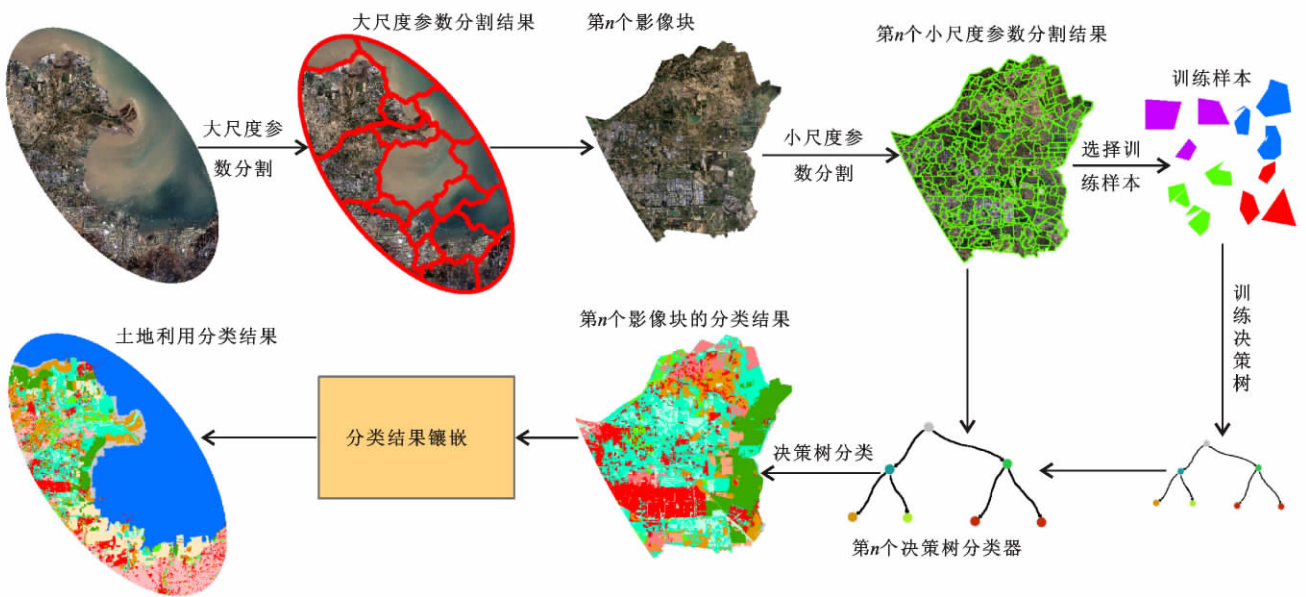


图 1 莱州湾土地利用分类示意图

土地利用分类完毕后,进行实地考察,实地考察主要包括无人机航拍以及对室内分类时不确定的分类结果进行实地验证(图 2)。无人机航拍所选站点主要考虑的因素有:①航拍站点处的分类结果存疑;②航拍站点处的地物类型丰富;③交通便利,容易到达。因此选取潍坊求是公园、东营小清河入海口、东营滨海公园、东营仙河公园以及东营黄河故道进行航拍。对于不确定的分类结果的实地验证,则运用 GPS 轨迹数据,GPS 轨迹数据包括了一系列标识点,这些标识点记录了其所在位置的土地利用类型。数据采集完毕后,以航拍数据为参考,通过将标识点数据同分类结果叠加分析以及人工修正的方式对分类结果进行修正。修正完毕后,在 ArcGIS 软件中生成随机点,并结合谷歌地球中的高分辨率影像,利用混淆矩阵进行精度验证。分类结果的总体精度大于 86%,Kappa 系数大于 0.83,满足后续的分析要求。

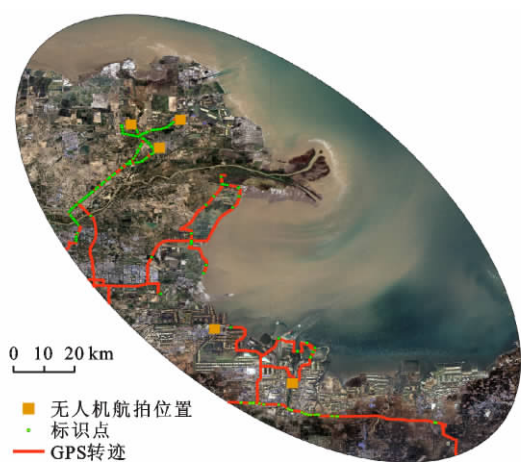


图 2 GPS 轨迹、标识点与航拍点位示意图

2.3 土地利用程度

土地利用程度指数定量表征某一时期某一区域人类利用土地的程度,计算公式^[18]为:

$$L=100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (1)$$

式中: L 为土地利用程度指数; A_i 为第 i 级土地利用程度分级指数; C_i 为第 i 级土地利用程度分级面积百分比。土地利用程度分级指数 A_i 采用刘纪远^[18]提出的土地利用程度分级指数参与计算,其中,盐场用地、水产养殖用地的分级指数为 3。

2.4 末点变化速率(end point rate, EPR)计算

末点变化速率(EPR)用来表征海岸线变化速率,利用数字岸线分析系统(digital shoreline analysis system,简称 DSAS)对该指标进行计算,DSAS 首先在海岸线上生成一系列剖面线,随后计算每一条剖面线与海岸线之间交点的变化速率,该速率即为末点变化速率(EPR),公式^[19]如下:

$$EPR_{ij} = \frac{\Delta d_{ij}}{\Delta t_{ij}} \quad (2)$$

式中: EPR_{ij} 为第 i 年和第 j 年之间的末点变化速率; Δd_{ij} 为剖面线与第 i 年海岸线和第 j 年海岸线交点间的距离; Δt_{ij} 为第 i 年和第 j 年之间的时间间隔。

3 结果与分析

3.1 1987—2017 年土地利用变化分析

在时间变化方面,莱州湾近岸的土地利用类型在 1987—2017 年变化明显(表 1)。主要表现为:水产养

殖用地面积比例在 1987—2017 年逐渐增加,从 1987 年的 2.63% 增加到 2017 年的 8.01%;盐场用地面积比例逐渐增加,1987 年的面积比例最小,为 3.38%,而 2017 年的面积比例最大,为 12.68%;建设用地面积比例逐渐增加,在 1987—2017 年,从 2.29% 增加到 12.80%。

对于其他土地利用类型,内陆水体面积比例总体上呈现出增加的趋势;林地变化不明显,其面积比例在 2% 附近上下波动;裸地的面积比例在总体上呈现出减少的趋势;而草地和耕地的面积比例在总体上则呈现出先增加后减少的趋势。在空间分布方面(图 3),水产养殖用地以及盐场用地主要分布于研究区内的沿海地区,耕地分布于研究区内的西北和东南部,草地和裸地主要分布于研究区的西北部,而其他土地利用类型则零散地分布于研究区内。水产养殖用地、盐场用地以及建设用地逐渐增加,耕地和裸地总体呈现减少趋势,这符合中国近 30 a 间的经济社会发展的用地规律;草地与内陆水体的变化主要与其同裸地和耕地之间的转换有关;由于研究区内的林地主要零散分布于乡村附近,且面积较小,未有大面积的林地,因此变化不明显。由于潮滩受到潮汐影响,研究所提取的潮滩仅为传感器成像时刻的瞬时潮滩,并非长时间的潮滩;海水并非土地利用类型,因此本文不对二者进行分析。

表 1 1987—2017 年莱州湾沿岸各土地利用类型面积比例

%

土地利用类型	各土地利用类型面积比例					
	1987 年	1993 年	1999 年	2005 年	2011 年	2017 年
水产养殖	2.63	6.08	7.25	7.32	8.02	8.01
盐场用地	3.38	8.30	8.60	11.71	12.55	12.68
内陆水体	2.72	2.62	3.48	2.88	4.23	7.35
建设用地	2.29	4.24	4.29	7.28	10.03	12.80
耕地	29.35	28.00	30.36	32.25	35.32	27.20
裸地	35.30	20.03	19.72	9.37	9.74	10.48
潮滩	2.84	2.39	4.27	3.93	1.77	4.47
林地	2.63	2.58	2.08	2.88	1.33	3.55
草地	18.86	25.76	19.95	22.38	17.01	13.46

综上所述可知,莱州湾沿岸水产养殖用地、盐场用地以及建设用地面积比例在 1987—2017 年呈现出逐渐增加的趋势,且水产养殖用地和盐场用地分布于研究区内的沿海地区,建设用地零散分布于研究区;而内陆水体面积比例总体呈现出增加趋势,且呈零散分布;裸地面积比例总体呈现出减少的趋势,分布于研究区西北部;草地和耕地的面积比例总体呈现出先增加后减少的趋势,前者主要分布于研究区西北部,

后者则分布于西北和东南部;林地变化不明显且呈零散分布。

3.2 1987—2017 年土地利用程度分析

由于自然断点的分级方法(natural breaks)能够通过迭代计算类间的间断点,使得类内差异最小,类间差异最大,能够对数据进行最恰当的分组,且保留了数据的统计特性^[20],因此本文采用自然断点的分级方法将土地利用程度分为弱、中、较强、强 4 级(图 4—5)。

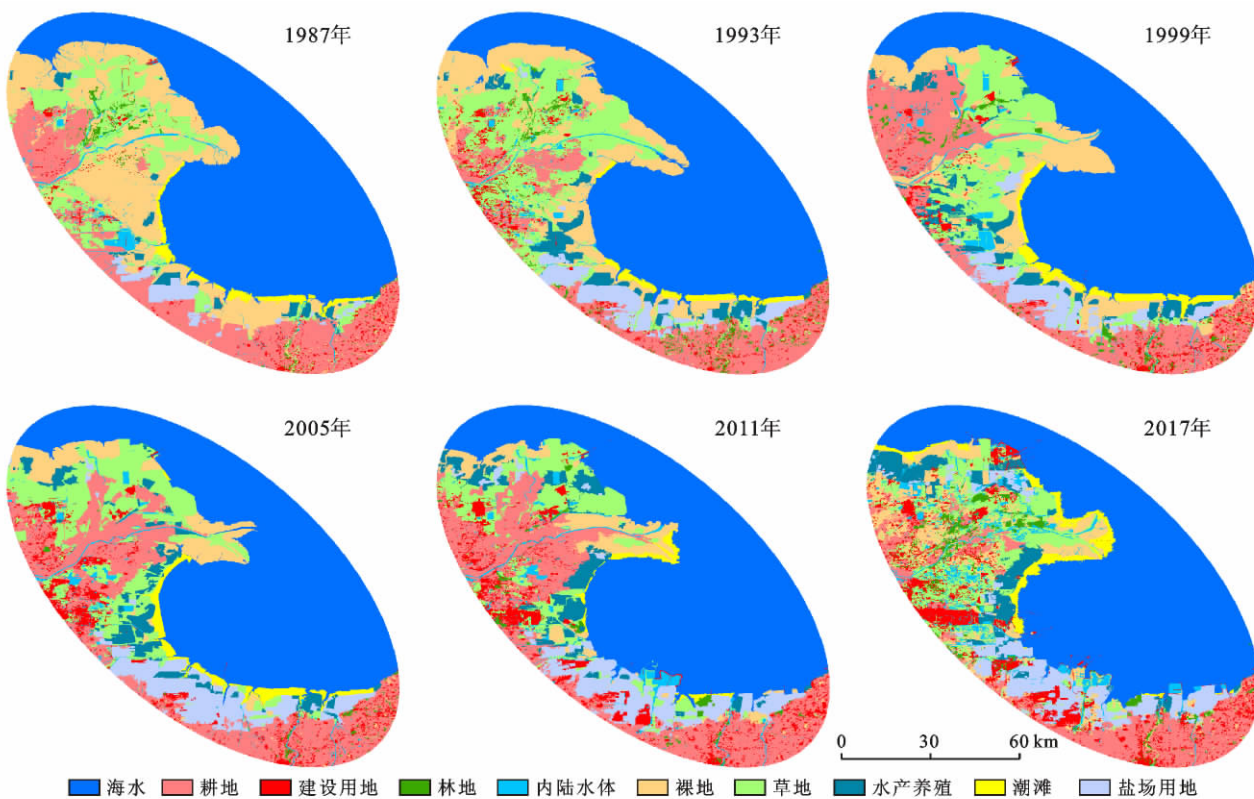


图 3 1987—2017 年莱州湾沿岸土地利用类型空间分布

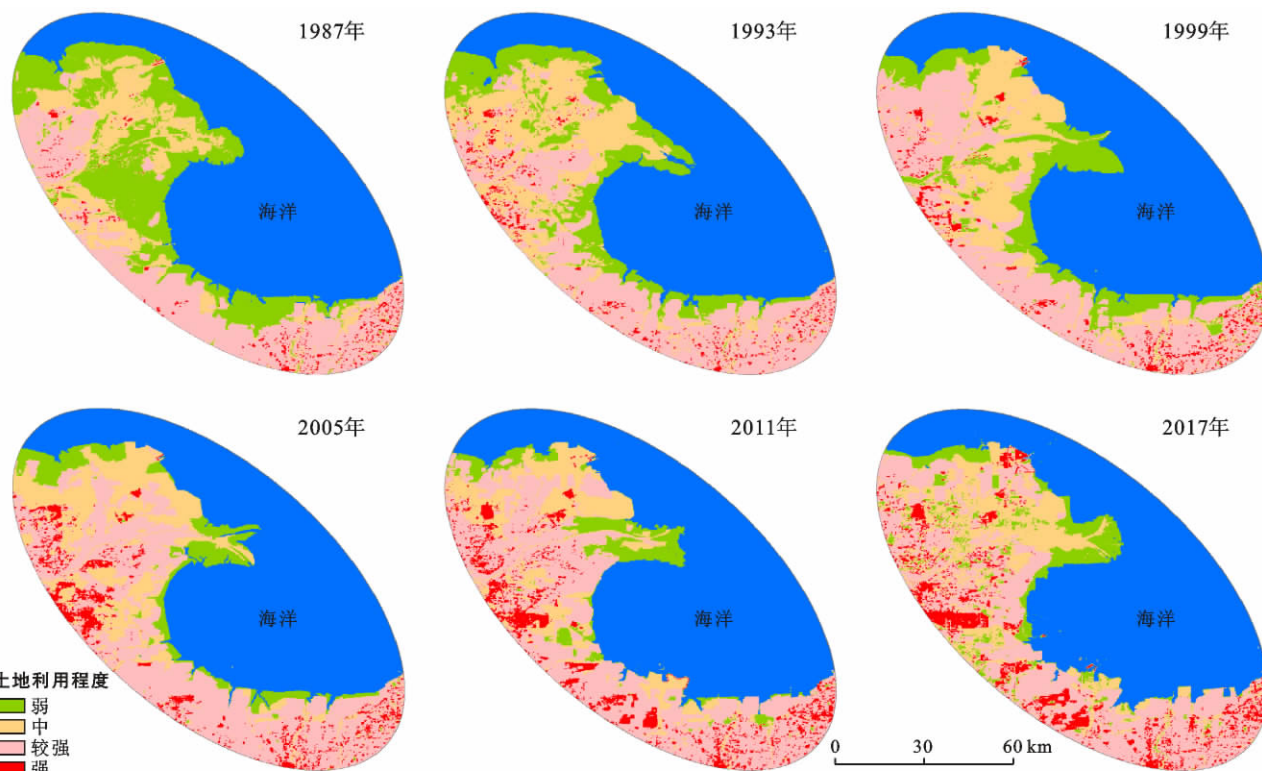


图 4 1987—2017 年莱州湾沿岸土地利用程度空间分布

由图 4—5 可知,土地利用程度强等级的面积比例在 1987—2017 年逐渐增加,从 1987 年的 2.41% 增加到 2017 年的 12.41%,且从零星的点分布变为集中

的面状分布;土地利用程度弱等级的面积比例在 1987—2011 年逐年减少,从 1987 年的 37.22% 减少到 2011 年的 10.51%,但在 2011—2017 年,又有较小

程度的增加,从 10.51%增加到 2017 年的 12.71%,主要分布于沿海地区;土地利用程度中等级面积比例在 22%~31%之间变化,且分布于研究区的西北部;土地利用程度较强等级面积比例在 1987—2017 年先增加后降低,2011 年比例最大,为 56.26%,1987 年最小,为 35.94%,此等级主要分布于研究区的西北和东南地区。弱等级为 1987 年的主导土地利用程度等级,而较强等级则为 1993—2017 年的主导土地利用程度等级。

综上所述,研究区土地利用程度逐渐变强,土地利用程度为弱等级的面积比例总体呈现减少趋势,主要分布于沿海地区;而强等级的面积比例逐渐增加,且从零星的点分布变为集中的面状分布。

3.3 土地利用对海岸线变化速率的影响分析

由图 6—7 可知,莱州湾沿岸土地利用以围填海的形式影响着海岸线的变化速率。围海面积在近 30 a 间呈现出“减少—增大—减少”的变化趋势,围海活动使

得对应的岸线表现为向海推进,1999—2005 年围海面积最大,为 175.07 km²,使得海岸线推进速度在 207~1 364 m/a 之间;而 1993—1999 年围海面积最小,仅为 23.56 km²,对应的岸线推进速度大多低于 592.25 m/a;其余时间段的围海面积在 100~138 km² 之间,岸线的向海推进速度在各速率区间均有分布。

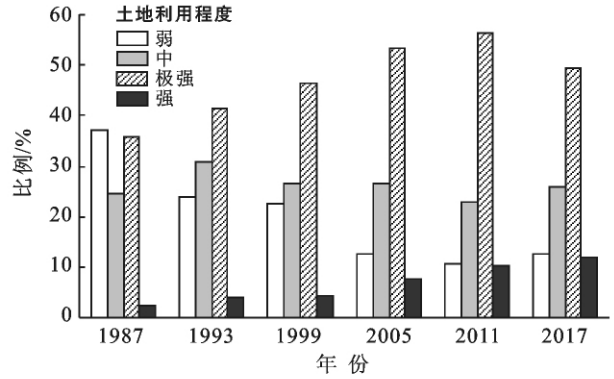


图 5 1987—2017 年莱州湾沿岸土地利用程度等级比例

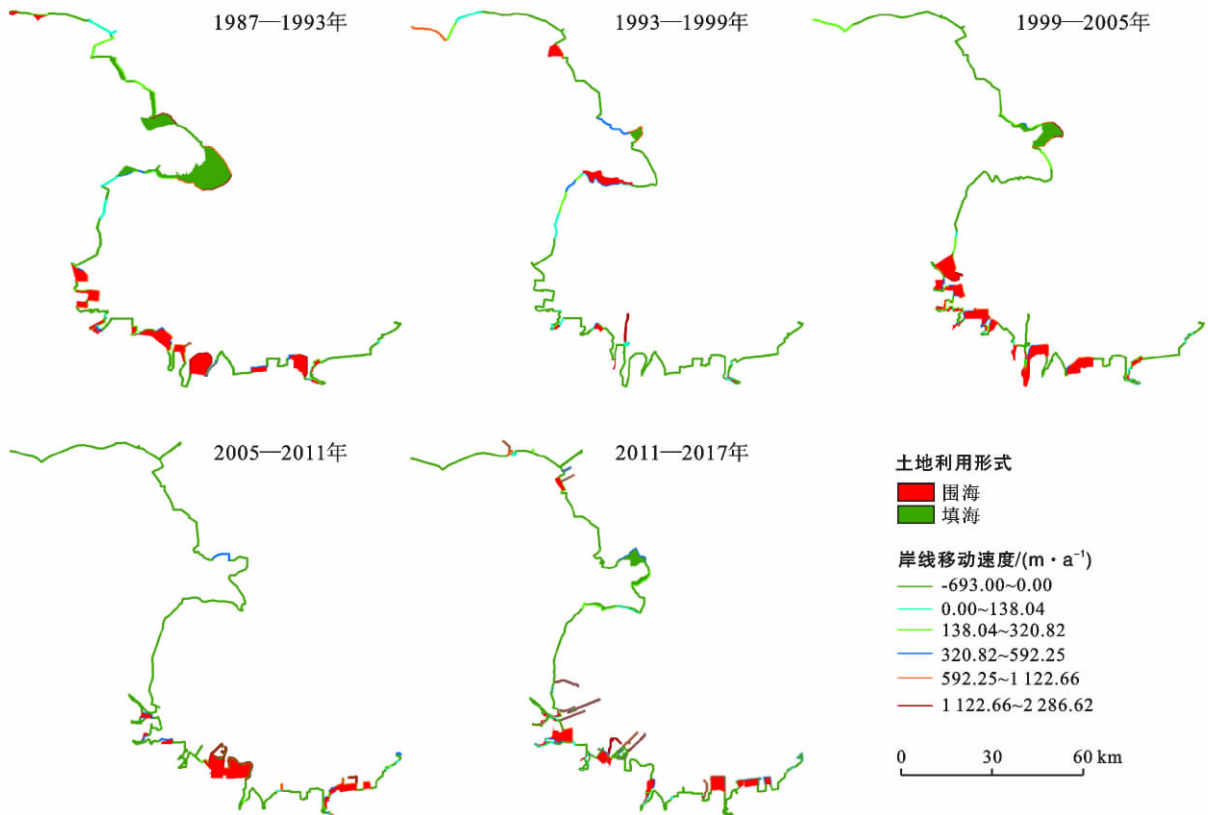


图 6 1987—2017 年莱州湾沿岸不同岸线段的变化速率、围填海空间分布

本文将填海活动分为人工填海和黄河泥沙淤积填海,前者主要位于莱州湾内部,而后者位于黄河入海口附近。人工填海面积在 1987—2017 年逐渐增多,从初期的 1.55 km² 增加到 19.33 km²,使得对应的岸线表现为向海推进;人工填海使得岸线向海推

进的速率最大,2005—2011 年以及 2011—2017 年的最大推进速率均为人工填海活动所致,分别为 1 215.88 m/a 和 2 286.62 m/a。黄河泥沙淤积填海面积在近 30 a 无规律可循,1987—1993 年的淤积填海面积最大,为 162.61 km²,对应的岸线表现为向海

推进,且该处岸线在该时间段向海推进速度最大,为 779.67~1 488.61 m/a;而 2005—2011 年为 0 km²,岸线表现为背海移动,这主要受到海水影响,移动速度在 244~693 m/a 之间;其余时间段的黄河泥沙淤积填海面积在 38~53 km² 之间,对应岸线向海推进速度均低于 592.25 m/a。

综上所述,围海和人工填海均使得莱州湾内部海岸线向海推进,由黄河泥沙淤积所形成的填海使得黄河三角洲处的海岸线在 1987—2017 年既有向海推进,又有背海移动。

3.4 不同土地利用类型对海岸线长度的影响分析

本研究认为,若某处的海岸线是某种土地利用类型的边界,则该处海岸线即为土地利用类型在此处所对应的海岸线。对不同土地利用类型对应的海岸线总长度比例进行统计,结果见表 2。

不同土地利用类型对海岸线长度影响明显,1987—2005 年,影响海岸线长度的主导土地利用类型为裸地和水产养殖,二者对应的岸线长度比例分别在 34%~58% 和 23%~32% 之间;而 2005—2017 年,影响海岸线长度的主导土地利用类型为建设用地和裸地,影响长度比例分别在 22%~45% 和 19%~30% 之间。1987—2017 年的 30 a 间,建设用地对岸线长度的影响日益显著,该土地利用类型对应的岸线长度逐渐增长,从 1987 年的 2.94% 增长到 2017 年的 45.44%;裸地对岸线长度的影响表现为逐渐减弱,其对应的岸线长度比例在 1987 年最大,为 57.28%,而 2017 年最小,为 19.73%;水产养殖、草地以及盐场用地在 1987—2017 年对岸线的影响均呈现出“增强—减弱”的趋势;其余土地利用类型对岸线长度的影响微弱,在各年份对应的岸线长度比例均低于 5%。

表 2 1987—2017 年莱州湾沿岸不同土地利用类型对应的岸线海总长度比例 %

土地利用类型	1987 年	1993 年	1999 年	2005 年	2011 年	2017 年
水产养殖	23.06	31.88	29.73	23.51	10.16	11.99
耕地	1.25	1.07	1.32	0.54	0.00	0.12
草地	7.98	7.07	8.29	13.22	12.14	2.97
建设用地	2.94	5.27	9.00	8.43	22.52	45.44
裸地	57.28	39.74	39.19	34.55	30.94	19.73
水体	4.19	0.75	0.52	0.00	2.12	1.16
盐场用地	3.29	14.23	11.82	19.62	20.73	17.20
林地	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38	1.40

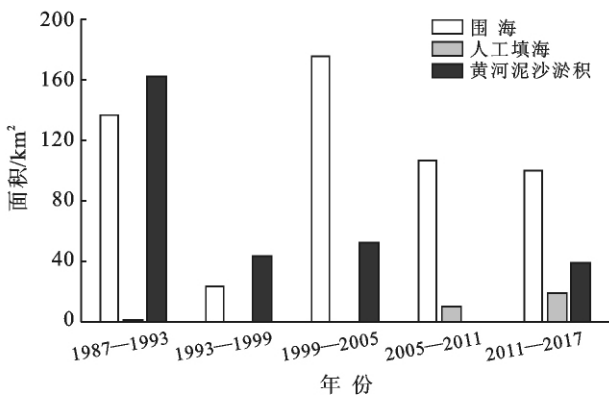


图 7 1987—2017 年莱州湾沿岸围填海面积统计

综上所述,裸地和水产养殖用地是 1987—2005 年影响海岸线长度的主导土地利用类型,而建设用地和裸地是 2005—2017 年影响海岸线的主导土地利用类型,建设用地对岸线长度的影响日益显著,裸地对岸线长度的影响逐渐减弱。

4 讨论与结论

4.1 结论

本文从土地利用的角度,以莱州湾为研究区,分

析了莱州湾近岸 1987—2017 年土地利用变化情况、土地利用程度、影响海岸线变化速率以及海岸线长度的因素。

(1) 在 1987—2017 年 30 a 间,莱州湾近岸的土地利用变化明显,主要表现为水产养殖用地、盐场用地以及建设用地逐渐增加,水产养殖用地和盐场用地分布于研究区内的沿海地区,建设用地零散分布于研究区;内陆水体总体呈增加趋势,呈零散分布;裸地总体呈减少趋势,分布于研究区西北部;草地和耕地则先增加后减少,前者分布于研究区西北部,后者则分布于西北和东南部;林地变化不明显,呈零散分布。

(2) 研究区土地利用程度逐渐变强,弱等级面积比例呈现减少趋势,强等级面积比例呈现增加趋势,弱等级分布于沿海地区,强等级由零散点分布变为集中面状分布。

(3) 土地利用以围填海的形式影响海岸线的变化速率,莱州湾内部的围海和人工填海使得岸线向海推进;黄河泥沙淤积填海使得黄河三角洲处的岸线向海推进,而该处岸线的背海移动则主要受到海水影响。

(4) 1987—2005 年影响海岸线长度的主导土地利用类型为裸地和水产养殖用地,而 2005—2017 年建设用地和裸地成为影响海岸线长度的主导因素,建设用地对岸线长度的影响日益显著,裸地对岸线长度的影响表现为逐渐减弱,其余土地利用类型对岸线长度的影响微弱。

4.2 讨论

本文分析了莱州湾近岸 1987—2017 年的土地利用变化及其对海岸线的影响。水产养殖用地、盐场用地以及建设用地逐渐增加,耕地和裸地总体呈现减少趋势,相应的,土地利用程度强等级逐渐增加,弱等级逐渐减少,这符合中国同时期的经济社会发展的用地规律。土地利用以围填海的形式影响海岸线的变化速率,不同土地利用类型对海岸线的长度有所影响。海岸线的变化所产生的影响具有两面性,一方面,海岸线的变化会带来社会效益,莱州湾内部岸线的向海推进使得海域转变为陆地^[21],新形成的陆地主要用于港口建设、旅游开发以及水产养殖等,由此带来经济效益,此外,1987—2017 年建设用地所对应的岸线长度逐渐增加,硬化的岸线能够抵御海水入侵,对近岸陆地起到了一定的保护作用;另一方面,海岸线的变化会危害近海生态,海岸线的向海推进以及海岸线类型的变化会使得近海海域或者滩涂生物的生存环境在较短的时间内发生巨大的变化,导致生物被掩埋而死亡,生物多样性因此降低^[22]。在对海岸线进行变动时,应综合考虑其变化所带来的两面性。

对于本文的研究,仍有一些不足之处需要改进。由于研究区范围较小,因此采用了目视解译的方法进行海岸线的提取,若研究区范围较大,采用目视解译的方法效率将会显著底下,因此后续应重点采用海岸线的自动提取技术进行海岸线提取;对于土地利用分类而言,在对遥感影像分割完毕后便采用了决策树分类器对影像分类,这样仅能避免分类结果的“椒盐效应”,后续应重点研究如何构建不同地物所对应的最优尺度,以及如何利用空间拓扑关系对最优尺度之下的影像对象进行分类。

[参 考 文 献]

[1] 杨继文,刘欣岳,邓蜀江. 基于多时相遥感影像的海岸线变化监测研究[J]. 测绘与空间地理信息,2020,43(3): 107-108,112.

[2] 刘鹏,王庆,战超,等. 基于 DSAS 和 FA 的 1959—2002 年黄河三角洲海岸线演变规律及影响因素研究[J]. 海洋与湖沼,2015,46(3):585-594.

[3] 邢贞相,刁晴茹,纪毅,等. 基于遥感的辽河口岸线动态变化及成因分析[J]. 东北农业大学学报,2020,51(5): 70-77.

[4] 丁小松,单秀娟,陈云龙,等. 基于数字化海岸分析系统(DSAS)的海岸线变迁速率研究:以黄河三角洲和莱州湾海岸线为例[J]. 海洋通报,2018,37(5):565-575.

[5] 朱高儒,许学工. 渤海湾西北岸 1974—2010 年逐年填海造陆进程分析[J]. 地理科学,2012,32(8):1006-1012.

[6] 胡亚斌,任广波,马毅,等. 基于多时相 GF-1 和 Landsat 影像的连云港市 44 年海岸线遥感监测与演变分析[J]. 海洋技术学报,2019,38(6):9-16.

[7] 王建,张军强,郭志谦,等. 莱州湾南部地区 1973—2016 年海岸演化及防护对策[J]. 海洋地质前沿,2019,35(2): 27-36.

[8] 温馨燃,王建国,王雨婷,等. 1985—2017 年环渤海地区围填海演化及驱动力分析[J]. 水土保持通报,2020,40(2):85-91,99.

[9] 李亚宁,王倩,郭佩芳,等. 近 20 a 来渤海海岸线演替及其开发利用策略[J]. 海洋湖沼通报,2015(3):32-38.

[10] 李博炎,张饮江. 环渤海地区的海岸线及围填海动态变化分析[C]//2015 年中国环境科学学会学术年会论文集. 深圳,2015:1218-1225.

[11] 李刚,孙桂华,姚永坚,等. 三沙湾海岸线时空演变[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2019,49(1):196-205.

[12] 沈昆明,李安龙,蒋玉波,等. 基于数字岸线分析系统的海岸线时空变化速率分析:以海州湾为例[J]. 海洋学报,2020,42(5):117-127.

[13] Sheik M, Chandrasekar A. Shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin, India, using digital shoreline analysis system [J]. Geo-Spatial Information Science, 2011,14(4):282-293.

[14] Appeaning Addo K, Walkden M, Mills J P. Detection, measurement and prediction of shoreline recession in Accra, Ghana [J]. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2008,63(5):543-558.

[15] Sui Lichun, Wang Jun, Yang Xiaomei, et al. Spatial-temporal characteristics of coastline changes in Indonesia from 1990 to 2018 [J]. Sustainability, 2020,12(8): 3242.

[16] Emran A, Rob M A, Kabir M H. Coastline Change and Erosion-Accretion Evolution of the Sandwip Island, Bangladesh [J]. International Journal of Applied Geospatial Research, 2017,8(2):33-44.

[17] Esteves L S, Williams J J, Dillenburg S R. Seasonal and interannual influences on the patterns of shoreline changes in Rio Grande do Sul, Southern Brazil [J]. Journal of Coastal Research, 2006,225:1076-1093.

(下转第 336 页)

- [9] 王强,张勃,戴声佩,等. 三北防护林工程区植被覆盖变化与影响因子分析[J]. 中国环境科学, 2012, 32(7): 1302-1308.
- [10] 方健梅,马国青,余新晓,等. 青海湖流域 NDVI 时空变化特征及其与气候之间的关系[J]. 水土保持学报, 2020, 34(3): 105-112.
- [11] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 372-375.
- [12] Munyati C, Mboweni G. Variation in NDVI values with change in spatial resolution for semiarid savanna vegetation: A case study in Northwestern South Africa [J]. Remote Sensing of Environment, 2013, 34(7): 2253-2267.
- [13] Post E, Bhatt U S, Bitz C M, et al. Ecological consequences of sea-ice decline [J]. Science, 2013, 341(6145): 519-524.
- [14] 孙锐,陈少辉,苏红波. 黄土高原不同生态类型 NDVI 时空变化及其对气候变化响应[J]. 地理研究, 2020, 39(5): 1200-1214.
- [15] 郭锐,朱燕君,王介民,等. 22 年来西北不同类型植被 NDVI 变化与气候因子的关系[J]. 植物生态学报, 2008, 32(2): 319-327.
- [16] 阿多,赵文吉,宫兆宁,等. 1981—2013 华北平原气候时空变化及其对植被覆盖度的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(2): 576-592.
- [17] 李辉霞,刘国华,傅伯杰. 基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究[J]. 生态学报, 2011, 31(19): 5495-5504.
- [18] 邓晨晖,白红英,高山,等. 秦岭植被覆盖时空变化及其对气候变化与人类活动的双重响应[J]. 自然资源学报, 2018, 33(3): 425-438.
- [19] Wang S J, Zhang D F, Li R L. Mechanism of rocky desertification in the karst mountain Areas of Guizhou province, southwest China [J]. International Review for Environmental Strategies, 2002, 3(1): 123-135.
- [20] 马士彬,安裕伦,杨广斌. 基于 GIS 的喀斯特区域不同岩性基底植被 NDVI 变化分析[J]. 水土保持研究, 2017, 24(2): 202-206, 212.
- [21] 田鹏举,徐丹丹,丁立国,等. 基于 MODIS-NDVI 贵州省 2005—2014 年植被时空变化特征分析[J]. 贵州气象, 2017, 41(2): 8-13.
- [22] 陈海喜,钟九生,兰安军,等. 基于地形地貌因子的贵州省 NDVI 时空变化分析[J]. 贵州科学, 2019, 37(2): 36-43.
- [23] 何月,樊高峰,张小伟,等. 浙江省植被 NDVI 动态及其对气候的响应[J]. 生态学报, 2012, 32(14): 4352-4362.
- [24] 崔丹丹,张耀南,陈广庭. 2001—2010 年甘肃省植被覆盖的时空变化[J]. 中国沙漠, 2014, 34(4): 1161-1166.
- [25] 杨玲莉. 2000—2014 年黄河源区植被 NDVI 时空变化特征与气候变化响应分析[D]. 四川 成都: 成都理工大学, 2016.
- [26] Evans J, Geerken R. Discrimination between climate and human-induced dryland degradation [J]. Journal of Arid Environments, 2004, 57(4): 535-554.
- [27] Geerken R, Ilaiwi M. Assessment of rangeland degradation and development of a strategy for rehabilitation [J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 90(4): 490-504.
- [28] 陈鹏. 1982—2015 年黄土高原植被覆盖变化中气候和人类活动的贡献率研究[D]. 甘肃 兰州: 兰州交通大学, 2017.
- [29] 张学珍,戴君虎,葛全胜. 1982—2006 年中国东部春季植被变化的区域差异[J]. 地理学报, 2012, 67(1): 53-61.
- [30] Xiao J, Moody A. Geographical distribution of global greening trends and their climatic correlates: 1982—1998 [J]. International Journal of Remote Sensing, 2005, 26(11): 2371-2390.
- [31] 张继,周旭,蒋啸,等. 生态工程建设背景下贵州高原的植被变化及影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(7): 1623-1633.
- [32] 周习会. 遵义市水土保持生态文明建设的主要对策与措施[J]. 黑龙江水利科技, 2015, 43(1): 207-208.
- [33] 张依依,陈起伟. 典型示范区石漠化治理工程生态效益监测研究: 以毕节撒拉溪、关岭花江示范区为例[J]. 乐山师范学院学报, 2018, 33(8): 58-67, 84.
- [34] 杨军昌,吴青芬,李绍练. 基于生态足迹的滇桂黔石漠化片区人口与环境: 以黔西南州为分析对象[J]. 生态经济(学术版), 2019, 35(10): 136-142, 190.
- [35] 吴跃,周忠发,赵馨,等. 基于遥感计算云平台高原山区植被覆盖时空演变研究: 以贵州省为例[J]. 中国岩溶, 2020, 39(2): 196-205.

(上接第 316 页)

- [18] 庄大方,刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 10-16.
- [19] Crowell M, Leatherman S P, Buckley L M K. Historical Shoreline Change: Error Analysis and Mapping Accuracy [J]. Journal of Coastal Research, 1991, 7(3): 839-852.
- [20] 赖冠中,陈文音. 基于自然断点法分析的城乡建设用地整理潜力分区研究: 以汕头市濠江区为例[J]. 广西城镇建设, 2019(12): 123-127.
- [21] 朱高儒,许学工. 填海造陆的环境效应研究进展[J]. 生态环境学报, 2011, 20(4): 761-766.
- [22] 刘春琳,孙艺. 填海造陆对天津大沽口海洋环境影响分析研究[J]. 盐科学与化工, 2019, 48(5): 28-32.