

doi: 10.6046/gtzyyg.2020229

引用格式: 苗苗, 谢小平. 基于 GIS 和 RS 的山东日照海岸带 1988—2018 年间演化分析[J]. 国土资源遥感, 2021, 33(2): 237—247. (Miao M, Xie X P. Spatial-temporal evolution analysis of Rizhao coastal zone during 1988—2018 based on GIS and RS[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2021, 33(2): 237—247.)

基于 GIS 和 RS 的山东日照海岸带 1988—2018 年间演化分析

苗苗, 谢小平

(曲阜师范大学地理与旅游学院, 日照 276826)

摘要: 海岸带变迁过程的研究可为海岸带的开发提供科学依据。利用遥感和地理信息系统技术和 Landsat、数字高程模型、潮汐数据, 提取山东省日照市海岸带 1988 年、1998 年、2008 年和 2018 年海岸带数据, 并对海岸线分布、海岸带时空变化及土地利用状况、河口区动态演变进行分析, 研究发现: ①1988—2018 年间海岸线总体呈增长趋势, 共增长 49.17 km, 其中 1998—2008 年间海岸线增长速度最快, 为 2.24 km/a, 海岸线分布以人工海岸线和砂质海岸线为主; ②1988—2018 年间海岸带土地利用变化主要表现为建设用地面积及其比重持续增加, 由 213.77 km² 增加到 413.93 km², 而耕地/草地面积及其比重减少, 由 445.50 km² 减少到 287.03 km², 总体趋势是大量耕地/草地转为建设用地; ③河口区是海岸带冲淤变化最为突出的地方, 1988—1998 年河口受到侵蚀, 河口海岸线后退; 1998—2008 年河口区保持相对稳定; 2008—2018 年河口向海淤积, 海岸线向海推进。总体来说, 海岸带向陆地方向的变化受地貌类型、河流输沙量以及人工采沙等因素的影响, 向海方向的变化与泥沙堆积及临海开发活动有关。研究结论可为日照海岸带的规划和管理提供参考。

关键词: 海岸带; 演化过程; 遥感; 地理信息系统; 日照市; 山东省

中图法分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2021)02-0237-11

0 引言

海岸带作为海、陆、气相互作用的地带, 不仅是海洋生态系统向陆地生态系统的过渡区域, 也是全球最重要的生态交错带, 各种过程耦合多变, 机制复杂, 叠加人类活动, 使得海岸带成为响应全球变化最敏感的区域^[1-4]。随着改革开放的发展, 我国的海岸带开发加速, 海岸带局部侵蚀问题日益严重, 海岸侵蚀已经与风暴潮和巨浪灾害并列列为我国三大海洋灾害, 海岸带变化的研究也日趋受到研究学者们的重视^[5-7]。中国海岸分布主要集中于辽东半岛、山东半岛和南海岸 3 个区域, 国内学者对山东半岛海岸变化情况研究较多, 但是对日照海岸带时空变化的研究却很少。山东省日照市作为山东半岛蓝色经济区的重要组成部分和我国东部沿海地区的新兴港口城市, 近年来经济发展迅速, 海岸带地区面临日趋严峻的生态环境风险。因此, 对日照海岸带进行系统研究, 了解其发展趋势是极其重要的。

遥感(remote sensing, RS)和地理信息系统(geo-

graphic information system, GIS)技术作为新的监测手段在海岸带动态变化监测上得到了广泛应用^[8-9], 国内学者基于 RS 和 GIS 技术对我国自北向南多个区域海岸线变化进行了研究, 如姚晓静等^[10]利用卫星遥感资料与现场实测资料对海南岛 30 a 海岸线时空变化进行了研究; 陈金月^[11]结合 GIS 和 RS 技术分析了珠江三角洲 40 a 间海岸线变迁及驱动因素; 康波等^[12]基于遥感和 GIS 技术对长岛南五岛 30 a 来海岸线时空变迁进行详细分析。近年来, 一些学者对日照海岸带地貌和地质景观、海岸线形态、海岸带景观格局变化过程进行了研究^[13-15], 但只是对日照海岸带的局部特性做了研究。因此, 本文综合利用 RS 与 GIS 技术, 对日照海岸带 1988—2018 年间近 30 a 的时空变化特征及其演变的驱动力进行了探究。

1 研究区概况及数据源

1.1 研究区概况

山东省日照市海岸带位于黄海中部, 北起日照

收稿日期: 2020-07-24; 修订日期: 2020-10-27

基金项目: 现代古生物学和地层学国家重点实验室(中国科学院南京地质古生物研究所)开放基金项目“四川盆地东北部三叠-侏罗纪之交古环境变化与沉积响应”(编号: 183126)和国家自然科学基金项目“龙门山地区涪江上游晚新生代水系演化与新构造响应研究”(编号: 41072164)共同资助。

第一作者: 苗苗(1994-), 女, 硕士研究生, 主要从事遥感动态监测研究。Email: 1522769457@qq.com。

通信作者: 谢小平(1966-), 男, 博士, 教授, 主要从事河湖生态研究。Email: xp.xie@263.net。

市东港区两城河口,与青岛胶南市海岸接壤,南至岚山区绣针河入海口,与江苏赣榆县相连,西至 204 国道,东至 20 m 水深线附近(图 1)。沿岸发育平直的基岩砂质海岸,中部的奎山、南部的岚山两段为剥蚀丘陵,形成突出的岬角滨海陡崖和水下岩滩;南北部的剥蚀平原和现代海岸线之间为宽广的沙坝潟湖沉积体系。区域断裂构造以 NE 向的日照—青岛断裂和 NW 向的梭罗树断裂为主,海岸呈 NE-SW 走向。境内地表水水体发育,河流为内陆河入海段,流向多为 NW-SE 向,自北而南主要有白马河、两城河、潮白河、付疃河、巨峰河、龙王河和绣针河,除傅疃河等为永久性河流外,其他多属季节性河流。由于该地区地理位置优越,形成了众多的天然良港,海岸线上的主要港湾包括石臼湾、佛手湾与日照港、岚山港组成日照港群。日照海岸带是日照经济、文化发展中心,现已发展成集临海工业、港口贸易、商

贸、金融、交通运输、旅游度假等多功能、外向型、综合性、现代化的海岸带^[16-18]。

1.2 数据源及其预处理

本文选取的数据包括:研究区 1988 年、1998 年、2008 年和 2018 年 4 期遥感影像数据,来自地理空间数据云网站(<http://www.gscloud.cn/>),其中 2018 年影像数据为 Landsat8 OLI,2008 年、1998 年和 1988 年影像数据为 Landsat5 TM;研究区各年潮汐数据来源于中国港口网(<http://www.chinaports.com>);参考数据包括日照市行政区划、1:50 000 基础地理信息数据、数字高程模型(digital elevation model,DEM)数据,以 10 a 为间隔来研究日照海岸带时空变化特征。采用 ENVI5.2 软件数据处理平台,对研究区 4 期遥感影像依次进行辐射校正、几何纠正、镶嵌、裁剪等数据预处理操作,以消除空间上和辐射物理量上的畸变或噪声,得到研究区各时相遥感影像图^[19-20]。

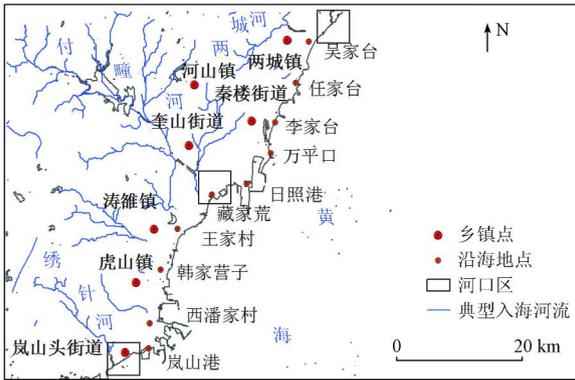


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location of study area

2 研究方法

2.1 海岸线类型的划分及提取

海岸线是指平均大潮高潮时水陆分界的痕迹线,本文根据海岸形态、成因、物质组成和发展阶段等特征将日照市海岸线划分为基岩海岸线、砂质海岸线、淤泥质海岸线、人工海岸线 4 类,使用红光、近红外和短波红外 1 波段合成遥感影像,根据不同海岸线的纹理、形状、色调等特征建立各海岸线的解译标志(表 1)^[21]。

表 1 日照市海岸线类型

Tab. 1 Coastline type in Rizhao City

海岸类型	定义	海岸影像样例	影像解译标志
基岩海岸线	由濒海的山麓和凸出的剥蚀面伸向海中形成		明显的凹凸感和山脉纹理特征,分布散乱,且亮度不均,近岸植被呈浅红色或暗红色,岩石呈灰白色
砂质海岸线	是砂粒在海浪作用下堆积形成		岸线平直,向陆侧干燥沙滩的光谱反射率高,为亮白色;向海侧的沙滩含水量高,光谱反射率稍低,较暗
未开发淤泥质海岸线	是陆源泥沙在潮汐作用下不断淤积形成		近红外波段对海水浑浊的地方发射率较高,红光波段对完全暴露的地方反射率较低
已开发淤泥质海岸线	近岸一侧多建有虾池、盐田,近海一侧修筑防堤坝		可选择地物(如植被,虾池,公路等)与淤泥质海岸的分界线作为海岸线
人工海岸线	在海陆交界处由混凝土修筑而成的建筑		几何形状较规则,在近红外波段的图像上具有较高的光谱反射率,多为灰白色

在提取海岸线前,先利用滤波器突出各类型海岸线的水陆分界线^[22-23]。采用修正归一化差异水体指数(modified normalized difference water index, MNDWI)提取 Landsat5 遥感影像的水陆分界线,表达式为:

$$MNDWI = (G - MIR)/(G + MIR), \quad (1)$$

式中: MIR 为中红外波段的反射率; G 为绿光波段的反射率。采用自动提取水体指数(automatic extraction water index, AWEI)提取 Landsat8 遥感影像的水陆分界线,表达式为:

$$AWEI = B + 2.5G - 1.5(NIR + S_1) - 0.25S_2, \quad (2)$$

式中: B 为蓝光波段的反射率; NIR 为近红外波段的反射率; S_1 和 S_2 分别为 2 个短波红外波段的反射率。运用式(1)—(2)获得 4 个时相的水体指数影像,分别设定 MNDWI 和 AWEI 的取值范围来提取水陆分界线^[24-26]。由于卫星过境时刻获取的海岸线影像不能保证其为平均大潮高潮线,而海岸线的位置又易受潮汐等因素的影响,故需要对瞬时水边线进行潮位校正^[27-29]。人工海岸和基岩海岸水陆分明、坡度大而陡,潮汐影响小,不需要做潮位校正,仅对砂质海岸和淤泥质海岸做潮位校正。本文采用外牵引法^[30]进行潮位校正,根据卫星过境时潮位和日最高潮位计算出潮位差,再由潮位差和海岸平均坡度计算外牵引距离(L),计算公式为:

$$L = (H_2 - H_1)/\tan \alpha, \quad (3)$$

式中: H_1 为瞬时潮位高度; H_2 为最高潮位高度; α 为海岸平均坡度($^\circ$)。海岸线位置计算的原理如图 2 所示,将需要校正的水边线向前移动距离 L 就可以得到真正意义的海岸线位置。

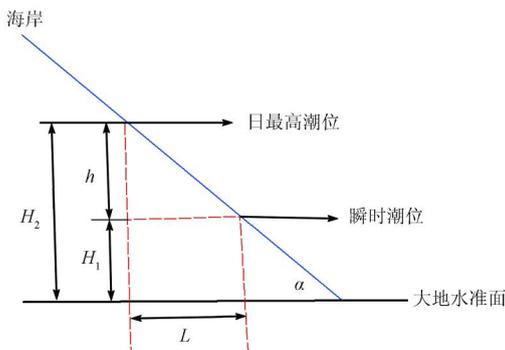


图 2 海岸线位置计算原理

Fig. 2 Theory of counting coastline position

2.2 海岸带土地利用时空变化研究方法

海岸带是指海陆之间相互作用的地带,是海岸

线向陆海两侧扩展一定宽度的带状区域,包括陆域与近岸水域,对于其范围,至今尚无统一的界定。本文规定的海岸带调查范围为:由海岸线向陆地方向延伸 10 km,向海方向延伸 2 km。利用各时相海岸线向陆区域做距离为 10 km 的缓冲区,向海区域做距离为 2 km 的缓冲区,以缓冲区为掩模裁剪各时相遥感影像。根据《土地利用现状分类标准》中的一级分类体系和研究区特征,将研究区土地利用类型分为水体、林地、耕地/草地和建设用地(主要为盐田和养殖池)。在 ENVI5.2 软件支持下,对各时相影像采用最大似然法与传统目视解译相结合的方法进行监督分类,以 Google 地图与 2018 年 9—10 月实地考察数据为验证数据,对分类结果进行精度验证^[31-33]。

2.3 研究方法

在 ArcMap10.2 软件支持下,基于研究区 DEM 数据,运用水文分析工具,依次进行洼地填充、流向分析、汇流累积量计算、提取河流网络栅格,进行流域分析,生成河网。把集水阈值设为 10 000 的河网图层与研究区各时相海岸线图层叠加,分析河口区海岸线变化特征。再结合各时相入海河流遥感影像解译标志,分析 1988—2018 年 30 a 间研究区入海河流河口区演化特征。

3 结果与分析

3.1 海岸线演变分析

3.1.1 海岸线潮位校正及精度验证

海水在天体引潮力作用下产生的潮汐现象具有规律性,日照海岸带潮汐属于半日潮型,即一日有 2 次高潮和低潮^[34]。本文获取了研究区 2017—2019 年 6 月的大潮日的潮高数据,并用 2017—2019 年各个时刻潮位数据拟合潮位曲线(图 3)。

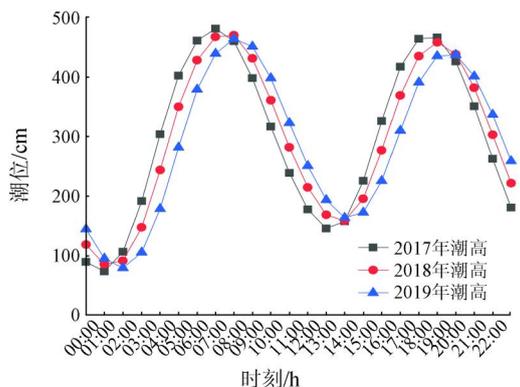


图 3 2017—2019 年潮位拟合曲线

Fig. 3 The fit curve of tidal level in 2017—2019

由图 3 可知,不同年份潮位曲线具有相似的走

势,对高低潮时刻和潮高做相关性分析,相关系数均达到 0.99 以上。计算图 4 中任意 2 条曲线同一时刻的潮位高度差,可以得到 2017—2019 年时刻的平均潮位高差为 30.23 cm,根据三角函数关系计算此误差在水平方向上为 7.5 m,而卫星分辨率为 30 m,误差在合理范围内,故可利用潮汐规律可以对缺失数据的年份做潮位修正。利用研究区 DEM 图像生成坡度图(图 4),计算可得从水边线向陆地推 80 m 的范围内平均坡度为 2.3°,通过计算可得潮位校正外牵引距离(表 2)。

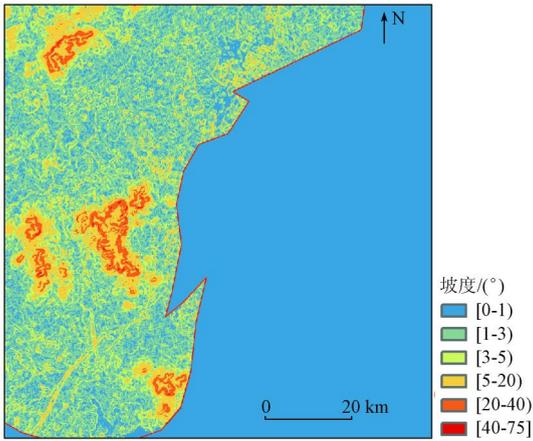


图 4 研究区坡度图

Fig. 4 Slope map of the study area

表 2 潮位数据以及计算结果

Tab. 2 Tidal level data and calculation results

图像获取日期	农历	校正使用的 数据日期	$H_1/$ cm	$H_2/$ cm	$h/$ cm	$L/$ m
2018-01-13	十一月廿七	2018-01-13	95	376	281	70
2008-06-26	五月廿三	2019-06-25	388	420	32	8
1998-09-19	七月廿九	2018-09-08	161	494	333	83
1988-10-09	八月廿九	2018-10-08	142	494	352	88

由表 2 可知,为得到研究区各时相正确的海岸线,需将获得的 1988 年、1998 年、2008 年、2018 年的未利用的淤泥质海岸和砂质海岸的瞬时水边线分别向前移动 88 m,83 m,8 m 和 70 m,获得各时相完整的海岸线。为了验证提取效果,首先在各时相原图像不同类型海岸线上分别随机取 40 个像素点,然后在提取出的海岸线图像上找出相对应的像素点,比较二者之间的位置变化。如果 2 个像素点的位置重叠则表示该点海岸线提取效果好;如果 2 个像素点相邻则表示该点海岸线提取效果在误差允许范围之内;否则,则表示该点海岸线提取失败。经计算可获得不同时相海岸线像素点位置的检验结果(表 3)^[35-36]。

表 3 像素点位置检验结果

Tab. 3 The veracity of pixel position

海岸类型	人工海岸	基岩海岸	砂质海岸	已开发淤 泥质海岸	未开发淤 泥质海岸
重叠像素点	34	31	16	19	24
相邻像素点	6	9	15	13	9
提取失败像素点	0	0	9	8	7

从检验结果可以看出基岩海岸和人工海岸的提取效果最好,砂质海岸提取效果较差,这是因为砂质海岸海岸线平直,易产生点的位移;而基岩海岸、砂质海岸和未开发淤泥质海岸的海岸线相对曲折,海岸线位置变化不大。

3.1.2 海岸线动态演变分析

把各时相海岸线叠加显示(图 5),通过 ArcMap 的数据统计功能提取出各类型海岸线的长度(表 4),综合分析不同类型海岸线时空变化情况。结合图 5 和表 4 分析可知,1988—2019 年 30 a 间日照海岸线变化剧烈,海岸线演变整体趋势为向海推进。海岸线长度及增速均呈现逐年增加的趋势,海岸线长度总体增加达 49.17 km,其中,1988—1998 年增加 12.1 km,年变化率为 1.21 km/a;1998—2008 年增加 22.4 km,年变化率为 2.24 km/a;2018 年比 2008 年增加 14.8 km,年变化率为 1.48 km/a,3 个时期均保持较快增长,1998—2008 年增速最快。1988—1998 年间,除日照港附近的海岸线向海推进外,其他地区海岸线均后退;1998—2008 年,海岸线变迁显著,随着日照港到傅疃河口沿岸建设幅度增大,海岸线向海方向增加明显;2008—2018 年,韩家营子到绣针河口段为岚山港建设开发区,此段海岸线变化剧烈。在不同类型海岸线中,人工海岸线所占比重呈逐年上升趋势,30 a 内净增加 85.72 km,到 2018 年比重已达 70.04%,海岸工程、养殖池是人工海岸线的主要形式,如中部的奎山和南部的岚山两段目前改造为码头、养殖池,南部的沙坝外普遍修筑了人工堤坝,沙坝间的潟湖区被改造为养殖池;砂质海岸线分布较多,受海水侵蚀作用小,使沿海地区向陆面积变化小,但是 1988 年以后,砂质海岸线长度呈逐年递减趋势,30 a 间减少 12.84 km;基岩海岸线相间分布所占比例很少,主要分布在任家台咀、石臼咀、岚山咀和奎山咀,近几年基岩海岸线变化很小;淤泥质海岸线保持缓慢下降趋势,主要分布在河流入海口处。

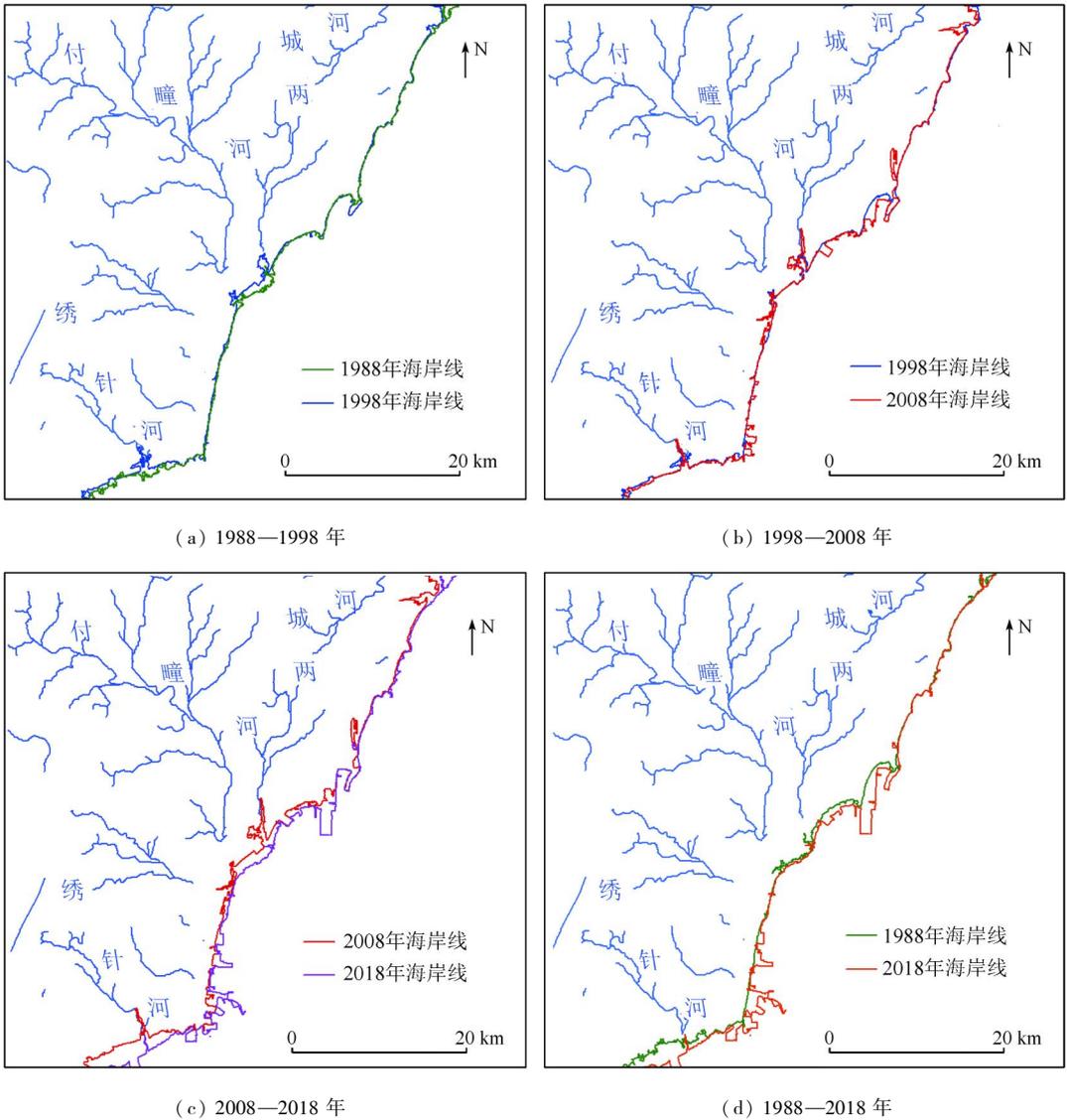


图5 1988—2018年海岸线变化

Fig. 5 Changes of coastline in 1988—2018

表4 各时期各类型海岸线长度统计

Tab. 4 Length and proportion statistics of coastline in each period

年份	基岩海岸线		砂质海岸线		淤泥质海岸线		人工海岸线		海岸线总长度/km	年变化率/(km a ⁻¹)
	长度/km	百分比/%	长度/km	百分比/%	长度/km	百分比/%	长度/km	百分比/%		
1988年	12.03	10.23	47.21	40.15	27.15	23.09	31.06	26.42	117.56	—
1998年	9.15	7.06	45.36	34.98	14.15	10.91	61.01	47.05	129.67	1.21
2008年	6.69	4.40	36.21	23.83	11.2	7.37	97.81	64.38	151.91	2.24
2018年	5.13	3.08	34.37	20.61	10.45	6.27	116.78	70.04	166.73	1.48

3.2 海岸带土地利用变化过程

3.2.1 海岸带土地利用分类精度验证

在ENVI5.2软件支持下,以Google地图与2018年9—10月实地考察数据为验证数据,对进行监督分类后的分类结果进行精度验证,以总体分类精度和Kappa系数来表示分类精度(表5)。由于本文分类系统简单,主要分为了4类,且各地类在光谱上有明显区别,故而分类精度较高,从表5中可以看出其Kappa系数均在0.9以上,表明分

表5 分类精度

Tab. 5 Classification accuracy

年份	总体分类精度/%	Kappa
2018年	94.985 8	0.923 6
2008年	97.182 4	0.953 7
1998年	95.078 5	0.936 1
1988年	94.672 6	0.928 1

类结果可以满足研究目的。利用Post Classification工具消除噪声,获得研究区各时相海岸带土地利用图(图6)^[37-38]。

3.2.2 海岸带土地利用变化结果分析

得到研究区各时相土地利用分类结果后,利用分类后处理工具统计并计算各地类所占面积及其所占百分比(表6),分析其结构组成的时空变化。由表6可知,1988—2018年30a间建设用地面积呈现逐年增加的趋势,由1988年的213.77 km²增加到

2018年的413.93 km²,其所占总地类面积的比重由21.73%增加到39.43%;30a间耕地和草地面积则逐年减少,由1988年的445.50 km²减少到2018年的287.03 km²,其所占总地类面积的比重从45.29%减少到27.34%,岚山区、东港区附近的大部分耕地转换为建设用地;水体和林地分布时空变化起伏不大。

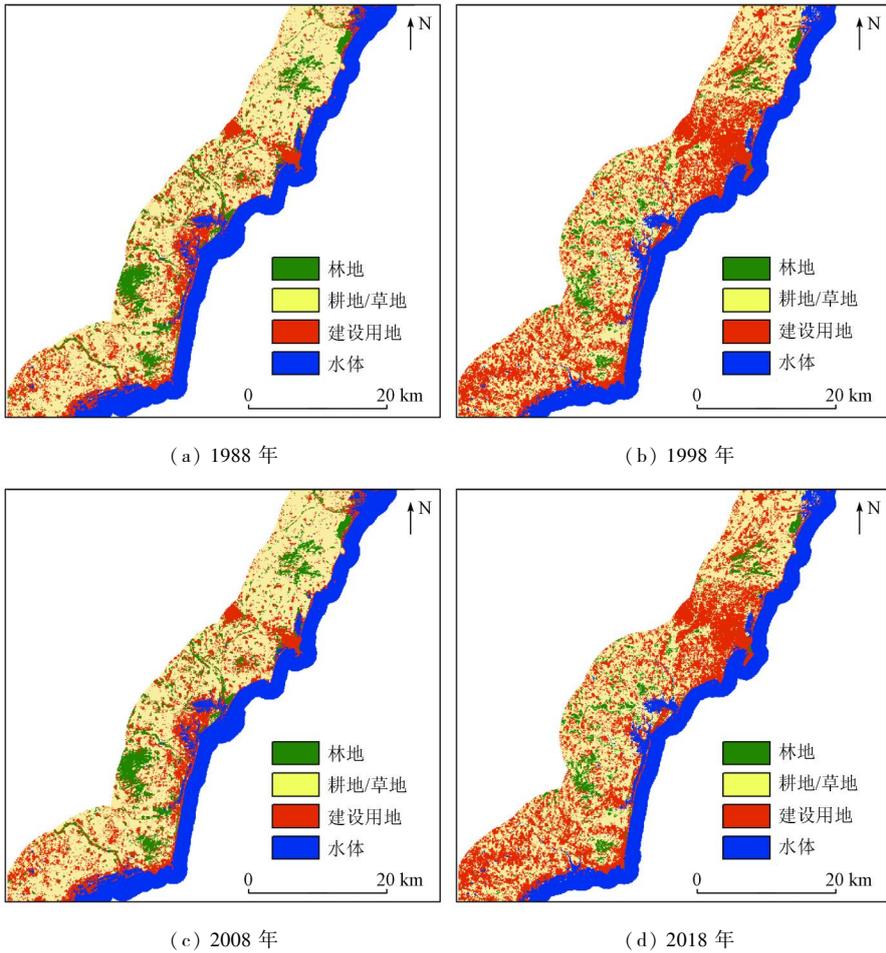


图6 1988—2018年日照海岸带土地利用时空分布

Fig. 6 Temporal - spatial features of land cover change in Rizhao coastal zone from 1988 to 2018

表6 1988—2018年日照海岸带各土地利用类型面积及比例

Tab. 6 Land cover type area and proportion from 1988 to 2018 in Rizhao coastal zone

年份	建设用地		耕地/草地		水体		林地	
	面积/km ²	百分比/%						
1988年	213.77	21.73	445.50	45.29	228.74	23.25	95.61	9.72
1998年	288.36	26.42	456.62	41.83	224.63	20.58	122.04	11.18
2008年	351.24	33.73	408.45	39.22	218.26	20.96	65.37	6.28
2018年	413.93	39.43	287.03	27.34	246.72	23.50	102.02	9.72

用2018年海岸带缓冲区作为感兴趣区裁剪1988年和2018年遥感影像,进行监督分类,制作1988—2018年转移矩阵表(表7),分析日照海岸带30a间各地类转化情况。由表7可知,1988—2018年各地类相互转化情况如下:有60.82 km²建设用地转化为耕地/草地,占其转化总面积的27.69%,相对应的有185.51 km²耕地/草地转化为建设用

地,占其转化总面积的比重最大,为39.60%,两者间净转移量为124.69 km²;其次,水体转化为建设用地的面积占其转化为其他地类的总面积的比重最大,转为建设用地的面积84.63 km²,占其转化总面积的12.97%;林地转为建设用地的面积也最大,为33.8 km²,占其转化总面积的31.97%。总体来看,建设用地在各地类使用中的重要程度逐渐加大。

表 7 1988—2018 年日照海岸带土地利用面积转移矩阵

Tab. 7 Transition matrix of land over types in Rizhao coastal zone from 1988 to 2018

土地利用类型	林地		建设用地		水体		耕地/草地	
	面积/km ²	百分比/%						
林地	41.60	39.61	21.05	9.58	3.71	0.57	48.08	10.26
建设用地	33.58	31.97	133.85	60.94	84.63	12.97	185.51	39.60
水体	1.43	1.36	3.93	1.79	560.93	85.96	1.78	0.38
耕地/草地	28.42	27.06	60.82	27.69	3.30	0.51	233.08	49.76

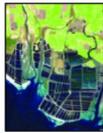
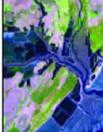
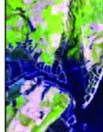
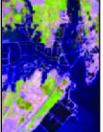
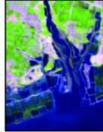
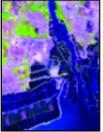
3.3 入海河流对海岸带的影响

研究区沿岸的主要入海河流有两城河、付疃河和绣针河,根据入海河流河口区特征(表 8)和河口区海岸线位置变化(图 7)对日照海岸带河口区演化进行分析。结合表 8 和图 7 分析可知,1988—1998 年间,两城河口段海岸线处于蚀退状态,1988 年后两城河河口南侧的沙坝潟湖水域出现了大面积围海

和向陆开挖养殖池的活动,导致潟湖消失;1998—2008 年间,在两城河下游和河道内建设虾池、育苗厂,大面积占用河道;2008—2018 年间,对占用河道的设施进行清除,并建立地下水库拦蓄和调节地下水流,向海输出的泥沙持续淤积,在河口区重新堆积砂体^[39]。

表 8 河口区特征

Tab. 8 The characteristics of the estuary

名称	流域面积/km ²	长度/km	入海口位置	各时相河流入海口遥感影像			
				1988 年	1998 年	2008 年	2018 年
两城河	516.9	47.00	两城镇安家村东				
傅疃河	1 060.1	60.72	奎山镇夹仓东南				
绣针河	396.0	24.42	岚山狄水村东				

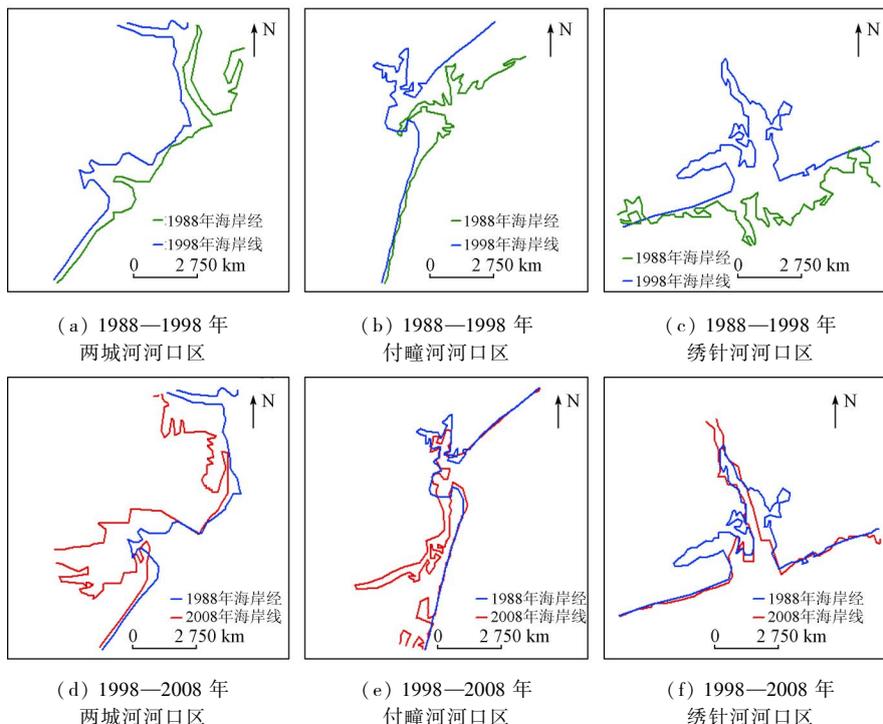


图 7-1 1988—2018 年河口区海岸线变化

Fig. 7-1 Changes of coastline in estuary from 1988 to 2018

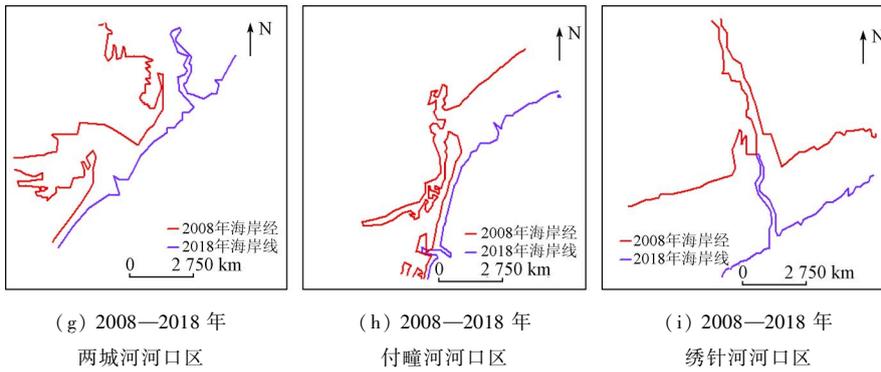


图 7-2 1988—2018 年河口区海岸线变化

Fig. 7-2 Changes of coastline in estuary from 1988 to 2018

1988—1998 年间,付疃河有一半泥沙被日照水库拦淤,河流供沙大幅度减少,淤进速度减缓,河口附近海岸线还被用于建设养殖池,转变为人工海岸;1998—2008 年间,在付疃河流域境内分布着多处采沙点,严重影响了付疃河的泄洪能力;2008 年以来,对付疃河进行了综合治理,使其向海输出的泥沙持续淤积,向海伸出形成突滩^[40-41]。

1988—1998 年间,岚山港相继建成防波堤和多个吨级泊位,拦阻了大量泥沙,使河口区蚀退;1998—2008 年间,又在河口湾潟湖中修建了人工砌石护岸,岸滩泥沙被阻挡,人工开采海滩沙和兴修水库也使入海泥沙大为减少,导致河口东岸的长条状沙嘴消失;2008—2018 年间,由于政策保护河口湿地,河口三角洲处转蚀为淤,河口处形成向陆微凹的小型三角洲冲积平原^[42-43]。

4 讨论

研究区海岸线变化与沿海土地利用之间是有直接联系的,海岸线剧烈变化的区域也是海岸带土地利用变化剧烈的区域。30 a 间,研究区海岸线变化剧烈,北岸海岸线较为完整,变化不大;中岸和南岸海岸线变化较大,海岸线破碎。海岸线长度持续增加,自然海岸线持续减少,人工海岸线持续增加,其中变化较大的区域主要集中在日照港、岚山港及河流入海口附近,如日照港和岚山港相继建成防波堤和多个吨级港作泊位和生产泊位,作为建设开发区;在河口区出现了大面积围海和向陆开挖养殖池的活动、分布着多处采沙点。30 a 间,研究区主要土地利用类型为建设用地、耕地/草地,建设用地面积呈现逐年增加的趋势,养殖池和盐田增加面积所占比重较大,区域内岚山区、东港区附近的大部分耕地转换为建设用地,且建设用地扩张呈现中心扩张趋势;随着入海口河流携带的泥沙逐渐减少及大面积围海和向陆开挖养殖池、采沙活动的增加,沿岸水体减

少,相应建设用地增多;在海岸线变化较小的任家台咀、石臼咀、岚山咀、奎山咀地区,沿岸土地利用变化也相应较小。由此可知,在海岸线变化剧烈的时间段内沿岸土地利用速率也相应变化。

5 结论

本文系统总结了日照海岸带影像解译标志,并结合前人研究成果,利用 RS 和 GIS 技术,分析了日照海岸带时空变化特征及其驱动力,得出如下结论:

1) 1988—2018 年的 30 a 间日照海岸线变化剧烈,海岸线演变整体趋势为明显的向海推进。海岸线长度及增速均呈现逐年增加的趋势,3 个时期均保持较快增长。在不同类型海岸线中,人工海岸线所占比重呈逐年上升趋势;砂质海岸线逐年减少;基岩海岸线相间分布于砂质海岸之间,所占比例很少,几乎不发生变化;淤泥质海岸线始终变化不大,保持缓慢下降趋势。

2) 30 a 间日照海岸带各土地利用类型中,建设用地面积及其所占比重逐年递增,且养殖池和盐田所占比重较大;耕地和草地面积及其所占比重逐年减少;林地和水体面积时空变化不明显。转移矩阵表显示各地类转化以耕地/草地转化为建设用地为主要趋势。

3) 30 a 间河口区海岸线动态变化明显,1988—1998 年间河口区进入蚀退阶段,沙嘴前端变浅,甚至部分解体,河口附近岸段基本上转为人工海岸线;1998—2008 年间各入海河流河口地貌保持相对稳定,说明河口区水动力对沉积物的冲蚀和淤积基本保持动态平衡;2008—2018 年间河口区恢复以堆积状态为主,在河流的两侧分布有规模较小的带状冲积平原。

参考文献 (References):

[1] 索安宁. 海岸空间开发遥感监测与评估[M]. 北京: 科学出版

- 社,2017:68-136.
- Suo A N. Monitoring and assessment of coastal development[M]. Beijing: Science Press,2017:68-136.
- [2] 印萍,林良俊,陈斌,等. 中国海岸带地质资源与环境评价研究[J]. 中国地质,2017,44(5):842-856.
- Yin P, Lin L J, Du B, et al. Coastal zone geo-resources and geo-environment in China[J]. *Geology in China*,2017,44(5):842-856.
- [3] 张玉新,侯西勇. 国际海岸线变化研究进展综述——基于文献计量学方法[J]. 应用海洋学学报,2020,39(2):289-301.
- Zhang Y X, Hou X Y. A bibliometric review of the international shoreline changes[J]. *Journal of Applied Oceanography*,2020,39(2):289-301.
- [4] 王焰新,甘义群,邓娅敏,等. 海岸带海陆交互作用过程及其生态环境效应研究进展[J]. 地质科技通报,2020,39(1):1-9.
- Wang Y X, Gan Y Q, Deng Y M, et al. Land-ocean interactions and their eco-environmental effects in the coastal zone: Current progress and future perspectives[J]. *Bulletin of Geological Science and Technology*,2020,39(1):1-9.
- [5] 吴文菁,陈佳颖,叶润宇,等. 台风灾害下海岸带城市社会-生态系统脆弱性评估——大数据视角[J]. 生态学报,2019,39(19):7079-7086.
- Wu W J, Chen J Y, Ye R Y, et al. Vulnerability assessment of urban socio-ecological systems in coastal zones under the influence of typhoons: Big data perspective[J]. *Acta Ecologica Sinica*,2019,39(19):7079-7086.
- [6] 刘希洋. 改革开放以来山东沿海风暴潮灾害研究述评[J]. 防灾科技学院学报,2020,22(1):72-79.
- Liu X Y. A review of the researches on storm surge disasters along Shandong coast since China's reform and opening up[J]. *Journal of Institute of Disaster Prevention*,2020,22(1):72-79.
- [7] 赵琪琪. 我国沿海主要海洋灾害类型及其影响分析[D]. 烟台:鲁东大学,2018.
- Zhao Q Q. The study on coastal major hazards and their impact analysis on the coast of China[D]. Yantai: Ludong University,2018.
- [8] 韩富伟,苗丰民,赵建华,等. 3S 技术在海域使用动态监测中的应用[J]. 海洋环境科学,2008,27(2):85-89.
- Han F W, Miao F M, Zhao J H, et al. Application of 3S technique in dynamic monitoring in sea usage[J]. *Marine Environmental Science*,2008,27(2):85-89.
- [9] 苏奋振. 海岸带遥感评估[M]. 北京:科学出版社,2015:1-79.
- Su Z F. Coastal zone remote sensing assessment[M]. Beijing: Science Press,2015:1-79.
- [10] 姚晓静,高义,杜云艳,等. 基于遥感技术的近 30 a 海南岛海岸线时空变化[J]. 自然资源学报,2013,28(1):114-124.
- Yao X J, Gao Y, Du Y Y, et al. Spatial and temporal changes of hainan coastline in the past 30 years based on RS[J]. *Journal of Natural Resources*,2013,28(1):114-124.
- [11] 陈金月. 基于 GIS 和 RS 的近 40 年珠江三角洲海岸线变迁及驱动因素研究[D]. 成都:四川师范大学,2017.
- Chen J Y. Changes and driving factors of coastline in the Pearl River delta in recent 40 years based on GIS and RS[D]. Chengdu: Sichuan Normal University,2017.
- [12] 康波,林宁,徐文斌,等. 基于遥感和 GIS 的长岛南五岛近 30 年海岸线时空变迁分析[J]. 海洋通报,2017,36(5):585-593.
- Kang B, Lin N, Xu W B, et al. Spatial-temporal changes of the coastline in five south island of Long Island in recent three decades on RS and GIS[J]. *Marine Science Bulletin*,2017,36(5):585-593.
- [13] 姜立芳,王晓光. 遥感技术在日照海岸带综合地质调查中的应用[J]. 中国新技术新产品,2016,(1):27.
- Jiang L F, Wang X G. Application of RS in comprehensive geological survey of Rizhao coastal zone[J]. *China New Technologies and Products*,2016,(1):27.
- [14] 刘玉红,刘培渊,卜凡升,等. 日照市近 30 年海岸线变迁遥感监测研究[J]. 绿色科技,2018,(6):139-141.
- Liu Y H, Liu P Y, Bu F S, et al. Remote sensing monitoring of coastline changes in Rizhao City during the past 30 years[J]. *Journal of Green Science and Technology*,2018,(6):139-141.
- [15] 徐文阳,谢小平,陈芝聪,等. 基于遥感影像的日照海岸带景观格局动态演化分析[J]. 曲阜师范大学学报,2017,43(3):93-99.
- Xu W Y, Xie X P, Chen Z C, et al. The analysis of dynamic evolution on coastal landscape patterns based on the satellite images in Rizhao City, Shandong Province[J]. *Journal of Qufu Normal University*,2017,43(3):93-99.
- [16] 王松涛,印萍,吴振. 山东日照海岸带地质[M]. 北京:海洋出版社,2014:6-16.
- Wang S T, Ying P, Wu Z. Shandong Rizhao coastal geology[M]. Beijing: Ocean Press,2014:6-16.
- [17] 王松涛,吴振,衣伟虹,等. 日照市海岸带地质环境质量评价研究[J]. 山东国土资源,2014,30(12):54-58.
- Wang S T, Wu Z, Yi W H, et al. Evaluation of geological and environmental quality of coastal zones in Rizhao City[J]. *Shandong Land and Resources*,2014,30(12):54-58.
- [18] 宋红瑛,刘金庆,印萍,等. 日照近海表层沉积物粒度特征与沉积环境[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2016,46(3):96-104.
- Song H Y, Liu J Q, Yin P, et al. Grain size characteristics of the surface sediment and sedimentary environment in Rizhao offshore[J]. *Periodical of Ocean University of China*,2016,46(3):96-104.
- [19] 种晴晴. 基于遥感的日照海岸线变迁分析[D]. 曲阜:曲阜师范大学,2016.
- Zhong Q Q. Analysis of Rizhao coastline change based on remote sensing[D]. Qufu: Qufu Normal University,2016.
- [20] 赵建华,索安宁,徐京萍. 海域使用遥感监测技术[M]. 北京:海洋出版社,2017:133-162.
- Zhao J H, Suo A N, Xu J P. Remote sensing monitoring technology is used in sea areas[M]. Beijing: Ocean Press,2017:133-162.
- [21] 孙伟富,马毅,张杰,等. 不同类型海岸线遥感解译标志建立和提取方法研究[J]. 测绘通报,2011,(3):41-44.
- Sun W F, Ma Y, Zhang J, et al. Study of remote sensing interpretation keys and extraction technique of different types of shoreline[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*,2011,(3):41-44.
- [22] 吴一全,刘忠林. 遥感影像的海岸线自动提取方法研究进展[J]. 遥感学报,2019,23(4):582-602.

- Wu Y Q, Liu Z L. Research progress on methods of automatic coastline extraction based on remote sensing images[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2019, 23(4): 582–602.
- [23] 梁立, 刘庆生, 刘高焕, 等. 基于遥感影像的海岸线提取方法综述[J]. *地球信息科学学报*, 2018, 20(12): 1745–1755.
- Liang L, Liu Q S, Liu G H, et al. Review of coastline extraction methods based on remote sensing images[J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2018, 20(12): 1745–1755.
- [24] 傅晓俊, 袁琳琳, 魏翔. 基于遥感影像水体提取方法的比较与分析[J]. *测绘与空间地理信息*, 2019, 42(8): 158–160.
- Fu X J, Yuan L L, Wei X. Comparison and analysis of water extraction methods based on remote sensing image[J]. *Geomatics & Spatial Information Technology*, 2019, 42(8): 158–160.
- [25] 王大钊, 王思梦, 黄昌. Sentinel-2 和 Landsat8 的四种常用水体指数地表水体提取对比研究[J]. *国土资源遥感*, 2019, 31(3): 1–9. doi:10.6046/gtzyyg.2019.03.20.
- Wang D Z, Wang S M, Huang C. A comparison of Sentinel-2 and Landsat8 imagery for surface water extraction using four common water indexes[J]. *Remote Sensing for Land and Resources*, 2019, 31(3): 1–9. doi:10.6046/gtzyyg.2019.03.20.
- [26] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. *遥感学报*, 2005, 9(5): 591–595.
- Xu H Q. A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index(MNDWI)[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2005, 9(5): 591–595.
- [27] 孙孟昊, 蔡玉林, 顾晓鹤, 等. 基于潮汐规律修正的海岸线遥感监测[J]. *遥感信息*, 2019, 34(6): 105–112.
- Sun M H, Cai Y L, Gu X H, et al. Coastline remote sensing monitoring based on tidal level correction[J]. *Remote Sensing Information*, 2019, 34(6): 105–112.
- [28] 张旭凯, 张霞, 杨邦会, 等. 结合海岸类型和潮位校正的海岸线遥感提取[J]. *国土资源遥感*, 2013, 25(4): 91–97. doi:10.6046/gtzyyg.2013.04.15.
- Zhang X K, Zhang X, Yang B H, et al. Coastline extraction using remote sensing based on coastal type and tidal correction[J]. *Remote Sensing for Land and Resources*, 2013, 25(4): 91–97. doi:10.6046/gtzyyg.2013.04.15.
- [29] 马小峰, 赵冬至, 张丰收, 等. 海岸线卫星遥感提取方法研究进展[J]. *遥感技术与应用*, 2007(4): 575–580.
- Ma X F, Zhao D Z, Zhang F S, et al. An overview of means of withdrawing coastline by remote sensing[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2007, (4): 575–580.
- [30] Wu K F. Evaluation of Yellow River delta coastline based on remote sensing from 1976 to 2014, China[J]. *Chinese Geographical Science*, 2019, 29(2): 3–13.
- [31] 李丹, 梅晓丹, 赵鹤, 等. GF-1 与 Landsat-8 影像土地利用遥感解译对比分析[J]. *测绘工程*, 2018, 27(10): 42–45.
- Li D, Mei X D, Zhao H, et al. Comparative analysis of GF-1 and Landsat-8 image land use remote sensing interpretation[J]. *Engineering of Surveying and Mapping*, 2018, 27(10): 42–45.
- [32] 侯婉, 侯西勇. 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[J]. *热带地理*, 2018, 38(6): 866–873.
- Hou W, Hou X Y. Remote sensing classification system of land use and land cover for global coastal zone considering fine classification of wetland[J]. *Tropical Geography*, 2018, 38(6): 866–873.
- [33] 杨小艳, 刘文璐, 李龙, 等. 面向对象的沿海地区土地利用/覆盖信息提取研究[J]. *测绘通报*, 2019(6): 89–91.
- Yang X Y, Liu W L, Li L, et al. Object-oriented land use/cover classification in coastal area[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2019(6): 89–91.
- [34] 孙子彪. 海洋潮汐的运动规律[J]. *地理教育*, 2006, (6): 13.
- Sun Z B. The motion of ocean tides[J]. *Geography Education*, 2006, (6): 13.
- [35] 马小峰. 海岸线卫星遥感提取方法研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2007.
- Ma X F. The means of withdrawing coastline by remote sensing[D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2007.
- [36] 王李娟, 牛铮. 基于 ETM 遥感影像的海岸线提取与验证研究[J]. *遥感技术与应用*. 2010, 25(4): 235–238.
- Wang L J, Niu Z. The study of coastline extraction and validation using ETM remote sensing image[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2010, 25(4): 235–238.
- [37] 白珏莹, 徐杰威, 管明雷, 等. Landsat 影像海岸带土地利用动态监测方法研究[J]. *测绘通报*, 2016, 2(1): 84–87.
- Bai Y Y, Xu W J, Guan M L, et al. Study on landsat images land use dynamic monitoring methods of coastal zone[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2016, 2(1): 84–87.
- [38] 马振刚, 李黎黎, 许学工, 等. 环渤海海岸带土地利用变化格局研究[J]. *海洋开发与管理*, 2019, 1(1): 38–43.
- Ma Z G, Li L L, Xu X G, et al. The change pattern of land use in the coastal zone of Bohai Ring[J]. *Ocean Development and Management*, 2019, 1(1): 38–43.
- [39] 何冬晓, 马克波, 李文蕾, 等. 日照北部滨海湿地资源现状与时空演变[J]. *海洋湖沼通报*, 2019(5): 96–102.
- He D X, Ma K B, Li W L, et al. Current status and spatial and temporal evolution of coastal wetland resources of northern Rizhao[J]. *Transaction of Oceanology and Limnology*, 2019(5): 96–102.
- [40] 梁其东, 迟明春, 刘青, 等. 日照市付疃河流域治理的经验与做法[J]. *水利科技与经济*, 2007, 13(2): 918–919.
- Liang Q D, Chi M C, Liu Q, et al. Water conservancy science and technology and economy[J]. *Shuili Keji Yu Jingji*, 2007, 13(2): 918–919.
- [41] 崔承琦. 石臼湾及附近海岸地貌特征[J]. *山东海洋学院学报*, 1983, 13(2): 67–80.
- Cui C Q. Shijiu Bay and nearby coastal geomorphologic features[J]. *Journal of Shandong College of Oceanology*, 1983, 13(2): 67–80.
- [42] 赵庆英, 王小波, 陈荣华, 等. 绣针河口附近海岸线变迁特征[J]. *海洋学研究*, 2008, 26(2): 41–46.
- Zhao Q Y, Wang X B, Chen R H, et al. The characteristics of modern coast erosion-accretion change near the Xiuzhenhe River Estuary[J]. *Journal of Marine Sciences*, 2008, 26(2): 41–46.
- [43] 陈敬冉, 林振宏. 鲁南近浅海沉积物样品的因子分析及其地质意义[J]. *青岛海洋大学学报*, 1988, 18(1): 70–81.
- Chen J R, Lin Z H. Factor analysis and its geological significance in the analysis of sediment samples from nearshore and shallow waters off southern Shandong peninsula[J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1988, 18(1): 70–81.

Spatial – temporal evolution analysis of Rizhao coastal zone during 1988—2018 based on GIS and RS

MIAO Miao, XIE Xiaoping

(School of Geography and Tourism, Qufu Normal University, Rizhao 276826, China)

Abstract: With the implementation of the National Marine Strategy and the deepening of coastal zone development in coastal areas, it is necessary to study the coastal zone evolution as well as monitor and protect the coastal zone, which will provide a reasonable basis for coastal zone development. In this paper, remote sensing (RS) and (geographic information system, GIS) technology, Landsat, (digital elevation model, DEM) and tidal data were used to extract coastal zone data of Rizhao City in 1988, 1998, 2008 and 2018, and analyze the coastline distribution characteristics, the spatio – temporal distribution and land use status of coastal zone and dynamic evolution of estuary. The results are as follows: Firstly, the coastline of Rizhao showed an overall growth trend from 1988 to 2018, with a total increase of 52.7 km; The period of 1998—2008 experienced the fastest coastline growing, with the growth rate being 0.68 km/a. The distribution of coastline was dominated by sandy coastline and artificial coastline. Secondly, the land use change in the coastal zone was manifested in the continuous increase of the construction land area, with its proportion from 213.77 km² to 413.93 km², while the farmland/grassland area and its proportion decreased from 445.50 km² to 287.03 km². The overall trend was that a large amount of cultivated land/grassland was converted to construction land. Thirdly, the estuary was a place where the change of coastal erosion and deposition was the most prominent. The estuary was eroded and the estuarine shoreline retreated from 1988 to 1998. The estuary remained relatively stable from 1998 to 2008. The estuary silted up to the sea and the coastline grew seaward from 2008 to 2018. In general, changes in the landward direction of the coastal zone are affected by geomorphic types, sea level rise, sediment discharge, artificial sand mining and some other factors. Changes in the seaward direction are related to sediment accumulation, establishment of breeding areas and ports, reclamation and other coastal development activities. The conclusion of this paper can provide reference for the planning and management of Rizhao coastal zone.

Keywords: coastal zone; change processes; RS; GIS; Rizhao City; Shandong Province

(责任编辑: 李瑜)