

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2020.02.011

江苏沿海地区围垦动态与土地利用变化驱动力研究

王广博¹,徐翠兰²,黄蕊¹,韩笑¹,赵君涵¹,余冬立¹

(1. 河海大学农业工程学院,江苏 南京 210098; 2. 江苏省土地开发整理中心,江苏 南京 210017)

摘要: 为研究沿海地区围垦动态以及土地利用变化的主要驱动力,以江苏沿海地区为研究区,基于ENVI 5.3与ArcGIS 10.0平台,以2000年Landsat-7 ETM和2017年Landsat-8 OLI的遥感影像为数据源,采用目视解译的方式提取海岸线,然后用监督分类方法得到江苏沿海地区2000年和2017年的土地利用数据,运用主成分分析法得出该地区土地利用变化的主要驱动因子。结果表明:(a)2000—2017年间江苏沿海地区进行了大规模的围垦,江苏省围垦土地面积107 420.0 hm²,年均围垦面积6 318.8 hm²,全省平均岸线围垦强度为7.11 hm²/(a·km)。(b)连云港市围垦强度最低,大部分耕地、林地与水体转化为城乡、工矿及居民用地;盐城市海岸线长度最长,围垦面积最大,整体利用格局向海岸方向迁移,耕地、未利用土地等面积略有下降;南通市围垦强度最大,林地面积大幅度减小,城镇面积增加。(c)人口增长与社会经济的发展是江苏沿海围垦与土地利用变化的主要驱动力。

关键词: 土地利用变化;滩涂围垦;Landsat 影像;监督分类;主成分分析;驱动力;江苏沿海地区
中图分类号: P748 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2020)02-0163-08

Research on driving forces of reclamation dynamics and land use change in coastal areas of Jiangsu Province

WANG Guangbo¹, XU Cuilan², HUANG Rui¹, HAN Xiao¹, ZHAO Junhan¹, SHE Dongli¹

(1. College of Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Jiangsu Provincial Center for Land Consolidation and Rehabilitation, Nanjing 210017, China)

Abstract: In order to study the main driving force of reclamation dynamics and land use change in coastal areas, this study selected the coastal areas of Jiangsu province as the research area. Based on the ENVI 5.3 and ArcGIS 10.0 software, as well as the data of Landsat-7 ETM remote sensing image in 2000 and Landsat-8 OLI remote sensing image in 2017, the shoreline was extracted by the visual interpretation and classified by the supervised classification method, to obtain the land use information in 2000 and 2017. The driving forces were obtained by the principal component analysis based on the SPSS 20.0 software. The results showed that during the period from 2000 to 2017, the coastal areas of Jiangsu province were reclaimed on a large scale. The coastal land with area of 107 420.0 hm² was reclaimed for different uses, at an annual rate of 6 318.8 hm² and the intensity of coastal reclamation of 7.11 hm²/(a·km). In the past 16 years, the coastal area of Lianyungang had the lowest reclamation intensity, and most of the farmland, woodland and water were converted into the urban and rural areas, industrial mining and residential land. Besides, the coastline of Yancheng coastal area was longest and the reclamation area was largest, the whole land utilization pattern moved towards the coast, and the area of farmland

基金项目: 国家自然科学基金(41471180);江苏省水利科技项目(2016008)
作者简介: 王广博(1995—),男,硕士研究生,主要从事农田水土研究。E-mail: 420929531@qq.com
通信作者: 余冬立,教授。E-mail: shedongli@hhu.edu.cn
引用本文: 王广博,徐翠兰,黄蕊,等. 江苏沿海地区围垦动态与土地利用变化驱动力研究[J]. 河海大学学报(自然科学版),2020,48(2):163-170.
WANG Guangbo, XU Cuilan, HUANG Rui, et al. Research on driving forces of reclamation dynamics and land use change in coastal areas of Jiangsu Province [J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2020, 48(2): 163-170.

and unutilized land reduced. In the coastal area of Nantong, the reclamation intensity was largest, the woodland area was decreased by a large margin, and the urban area was increased. Population growth and social and economic development are the main driving forces of coastal reclamation and land use change in coastal areas of Jiangsu province.

Key words: land use change; beach reclamation; Landsat image; supervised classification; principal component analysis; driving forces; coastal areas of Jiangsu province

土地是一种有限的自然资源,也是最基本的生产资料,其数量与利用现状对于国家政策制定和社会经济发展等起着至关重要的作用^[1-2]。随着社会经济的快速发展和对环境变化研究的深入开展,各国科学家逐渐意识到人类活动对环境变化产生了重大影响,认为土地利用变化的最重要的原因之一就是人类为了生存与发展而对土地进行的一系列开发与利用^[3]。所以,获取土地利用信息,并且分析土地利用的变化,对于政府决策部门和科学研究都具有重要意义。沿海地区广袤的滩涂资源是良好的后备土地资源,对滩涂围垦是人类对土地一种非常重要的开发方式^[4-6]。通过围垦滩涂新增的土地,对沿海地区的土地利用结构产生了显著的影响。20 世纪 90 年代以来,两大具有影响力的组织国际地圈与生物圈计划(IGBP)和全球环境变化人文计划(HDP),在全球范围内推动了学者们对土地利用/土地覆被变化的研究^[7]。随着遥感技术和计算机图像处理技术的发展,为滩涂围垦与土地利用变化的监测提供了一种方便的方法与手段。2000 年,王建武等^[8]利用 RS 与 GIS 技术,应用 TM 图像对粤西沿海围垦动态变化进行了分析;2010 年,王玉等^[9]利用 1987 年、1995 年和 2000 年 3 个时期的江苏土地利用图与社会经济数据对江苏省海岸带土地利用变化及其驱动力进行了分析;2012 年陆晓燕等^[10]利用遥感图像对 2000—2009 年江苏沿海海岸线变迁以及滩涂围垦进行了分析。目前,国内对于土地利用变化的研究大多是基于历史分类资料和社会经济数据对围垦动态和土地利用变化的驱动力进行分析。

江苏沿海地区拥有广袤的滩涂资源^[11],滩涂围垦的历史可追溯至范公堤的修筑。自改革开放以来,江苏沿海地区滩涂围垦与开发的强度持续增加^[12];江苏省作为我国经济发展最活跃的地区之一,快速的城市化进程以及围垦进程也在不同程度上影响着江苏沿海各区县的土地利用情况与结构。本文以江苏沿海区县为研究区,利用 Landsat 遥感图像为数据源,基于 RS 和 GIS 技术,在考虑围垦影响的条件下,研究沿海地区围垦动态与土地利用变化,并对土地利用变化的驱动力进行分析,旨在为该地区未来围垦规划、土地资源的合理开发利用及生态环境保护提供科学依据^[13]。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

江苏省位于我国大陆东部沿海地区,北接山东省,南部与上海、浙江毗邻(119°21'E ~ 121°55'E,31°33'N ~ 35°07'N),处于淮河、长江的下游。省内各地平均气温介于 14℃ ~ 15℃,年平均降水量为 1 000 ~ 1 100 mm,地势平坦,海拔在 0 ~ 4 m^[14]。研究区域包括江苏省连云港市(赣榆区(县)、连云港市区、灌云县)、盐城市(响水县、滨海县、射阳县、大丰区(县)、东台市)、南通市(如东县、通州区(市)、海门市、启东市)下辖 12 个县区,其海岸线全长 888.9 km^[15](图 1)。江苏海岸滩涂类型多样,包括砂质海岸、基岩质海岸和淤泥质海岸,大部分为淤泥质平原海岸,60% 的海岸处于淤涨状态。连云港北部主要为砂质海岸与基岩质海岸,占江苏省海岸全长的 7%,其余均为淤泥质海岸^[16-17]。

1.2 数据来源与研究方法

本研究采用美国地质调查局(United States Geological Survey, USGS)网站(<http://glovis.usgs.gov/>)和地理空间数据云网站(www.gscloud.cn)提供的 Landsat 历史存档影像为数据源,

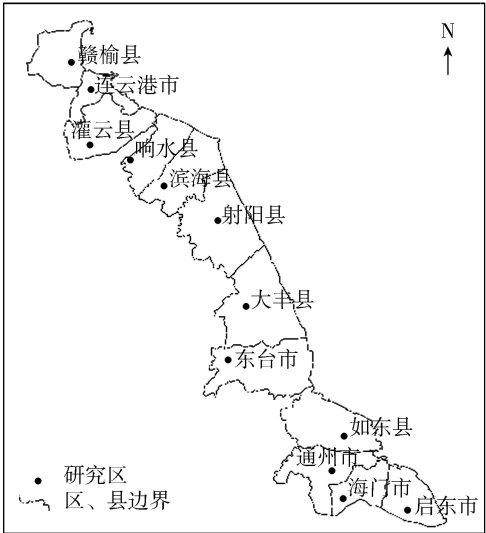


图 1 研究区位置示意图

Fig.1 Location of the research area

其中 2017 年的图像为 Landsat OLI 数据,2000 年的图像为 Landsat ETM 数据,分辨率均为 30 m。利用 ENVI 5.3 软件,对两时相图像进行正射校正和大气校正,利用 ArcGIS 10.0 软件进行两个时期行政区边界的修正,通过人工目视解译获得 2000 年、2017 年江苏各沿海区县人工海岸线(海堤)的信息,获取两个时期各区县行政区划矢量文件,同时利用行政区划矢量文件对图像进行裁剪与镶嵌。参考土地利用分类国家标准 GB/T 21010—2007《土地利用现状标准分类》^[18],结合研究区内的实际情况,选取耕地、林地、水体、城乡工矿及居民用地与未利用土地(主要指围而未垦、长满杂草的荒地,不包括未围滩涂)5 个土地类型,利用 ENVI 5.3 软件并运用监督分类与目视解译相结合的方式对研究区图像进行土地分类,得到不同时期研究区土地利用分类图和土地利用转移矩阵。同时,收集了研究区域内 12 个区县 2000 年和 2017 年人口,以及各产业产值和 GDP 等统计数据,利用 SPSS 22.0 对数据进行主成分分析,定量找出影响土地利用类型变化的驱动因子。

2 结果与分析

2.1 江苏沿海地区围垦变化

根据 2000 年和 2017 年土地利用数据与土地利用转移矩阵可知,17 年间江苏总围垦土地 107420.0 hm²,年均围垦面积 6318.8 hm²,全省平均岸线围垦强度为 7.11 hm²/(a·km)。连云港岸段在 17 年间围垦面积最少,只有 6046.9 hm²(表 1),年围垦面积 355.7 hm²,岸线围垦强度为 2.2 hm²/(a·km)。连云港沿海地区侧重于发展港口建设,围垦强度低,新围垦土地建成工厂、港口等,工矿及居民用地占比为 38.9%,其余大部分为未利用土地(面积为 1553.4 hm²)。盐城岸段围垦面积 60765.8 hm²,占全省总围垦面积的 56.6%,由于其岸线长达 582 m^[14],占全省总长的 65.5%,所以岸线围垦强度不高,只有 6.1 hm²/(a·km)。盐城市沿海地区主要以第一产业为主,围垦土地利用形式大部分为水塘与居民用地,围垦水塘与居民用地面积占新围垦土地的比例为 35.2%与 26.2%,并存在大部分未利用土地(面积为 20640.7 hm²)。南通岸线围垦强度为全省最高,围垦面积为 40607.3 hm²,岸线围垦强度为 11.4 hm²/(a·km);新围垦土地以工矿、居民用地为主,面积为 15635.4 hm²。

表 1 2000—2017 年江苏沿海区县围垦土地利用统计
Table 1 Statistics of reclaimed land use in the coastal counties of Jiangsu Province in 2000 and 2017

地区	耕地		林地		水体		城乡、工矿及居民用地		未利用土地	
	面积/ hm ²	所占 比例/%	面积/ hm ²	所占 比例/%	面积/ hm ²	所占 比例/%	面积/ hm ²	所占 比例/%	面积/ hm ²	所占 比例/%
连云港市沿海区县	386.2	6.3	396.4	6.6	1359.4	22.5	2351.5	38.9	1553.4	25.7
盐城市沿海区县	353.6	0.6	2450.3	4.0	21402.0	35.2	15919.2	26.2	20640.7	34.0
南通市沿海区县	4005.1	9.8	34.4	0.1	8235.3	20.3	15635.4	38.5	12697.1	31.3

2.2 江苏省沿海地区土地利用变化

根据对两时相土地分类图的分析,从 2000—2017 年,江苏连云港市沿海区县(包括赣榆区(县)、连云港市区、灌云县)林地与城乡、工矿及居民用地面积均有明显增加,分别增加 9129.5 hm²和 31907.4 hm²(表 2)。区域内耕地所占比重最大,但存在减小趋势,面积减少 11801.6 hm²,水体和未利用土地面积分别减小 13892.0 hm²和 9296.4 hm²。在 2000—2017 年间,北部耕地大部分转化为林地与城乡、工矿及居民用地,南部养殖水塘和未利用土地被大量开发,转化为耕地与城乡、工矿及居民用地。

2017 年盐城市沿海区县(包括响水县、滨海县、射阳县、大丰区(县)、东台市)土地利用类型占比最大的是耕地,其次是城乡、工矿及居民用地与水体。2000—2017 年,区域内林地,以及城乡、工矿及居民用地面积均有增加,分别增加 4803.1 hm²和 133841.8 hm²(表 2),耕地、水体和未利用土地面积减少,分别减少 45320.2 hm²、8460.6 hm²、24098.4 hm²。在这 17 年间,区域北部养殖水塘被大量开发,大部分转化为居民、工矿用地,区域中部沿海未利用土地得到充分利用,转化为耕地、水体以及居民用地。区域内城市扩张明显,城乡、工矿及居民用地大幅度增加,耕地的总体格局则保持稳定,小部分耕地与林地相互转化。

2017 年南通市沿海区县(如东县、通州区(市)、海门市、启东市)土地利用类型占比最大的为耕地,其次是城乡、工矿及居民用地和水体。其中,区域内城乡、工矿及居民用地面积明显增加,增加 120710.1 hm²(表 2),耕地、林地和水体面积大幅度减少,分别减少 16129.6 hm²、55473.8 hm²和 7325.4 hm²,未利用土地也呈减少趋势,面积减少 1174.0 hm²。在 2000—2017 年间,区域中南部的城市扩张明显,致使大部分耕地与

林地转化为城镇用地。另外,随着南通市沿海围垦的进程推进,老围垦区内的养殖水塘与未利用土地转化为耕地与居民用地,新围垦的土地利用形式主要以养殖水塘和未利用土地为主。

表 2 2000—2017 年江苏沿海区县土地利用变化统计

Table 2 Land use change statistics of Jiangsu coastal areas in 2000 and 2017											
地区	年份	耕地		林地		水体		城乡、工矿及居民用地		未利用土地	
		面积/ hm ²	所占 比例/%	面积/ hm ²	所占 比例/%	面积/ hm ²	所占 比例/%	面积/ hm ²	所占 比例/%	面积/ hm ²	所占 比例/%
连云港市沿海区县	2000	150 173.4	36.3	101 812.8	24.6	40 306.7	9.7	88 827.8	21.5	32 523.5	7.9
	2017	138 371.8	33.0	110 942.3	26.4	26 414.7	6.3	120 735.2	28.8	23 227.1	5.5
盐城市沿海区县	2000	685 265.4	62.9	66 469.7	6.1	102 317.5	9.4	171 149.0	15.7	63 874.5	5.9
	2017	639 945.2	55.6	71 272.8	6.2	93 856.9	8.2	304 990.8	26.5	39 776.1	3.5
南通市沿海区县	2000	344 964.2	59.3	62 374.6	10.7	30 179.9	5.2	123 182.4	21.2	20 965.0	3.6
	2017	328 834.6	52.8	6 900.8	1.1	22 854.5	3.7	243 892.5	39.2	19 791.0	3.2

2.3 土地利用变化社会经济驱动力主成分分析

主成分分析即将具有一定相关性的指标,通过重新特殊的组合,转换成一组互相独立无关的新指标^[19-20]。主成分分析可以把诸多的数据变量转化为毫不相关的几个综合因子,并且得出的综合因子能够体现原数据中绝大多数的信息^[21]。通过主成分分析法,可以从统计年鉴的许多数据中找出土地利用变化的主要驱动力。根据主成分分析的要求、方法思路以及 2000—2017 年江苏省统计年鉴中获得的资料,本文从影响土地利用变化的社会经济因子中选取了 10 个指标,包括 K_1 (总人口,万人)、 K_2 (国内生产总值 GDP,亿元)、 K_3 (第一产业产值,亿元)、 K_4 (第二产业产值,亿元)、 K_5 (工业产值,亿元)、 K_6 (第三产业产值,亿元)、 K_7 (人均国内生产总值,元)、 K_8 (固定资产投资总额,万元)、 K_9 (单位面积人口,万人/km²)、 K_{10} (单位面积 GDP,亿元/km²)。在主成分分析过程中,提取主成分对应特征值大于 1 的前 n 个主成分。经过 SPSS 软件运算分析,总共提取出 2 个主成分,其累计方差贡献率达到 86.0%,符合进行主成分分析要求,并采用 SPSS 旋转得到主成分荷载矩阵(表 3),从而得到各个指标在 2 个主成分上的因子荷载。

表 3 研究区主成分荷载矩阵

Table 3 Principal component load matrix in the study area										
主成分	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}
第一主成分	0.195	0.995	0.629	0.987	0.990	0.982	0.967	0.852	0.070	0.924
第二主成分	0.752	-0.009	-0.484	0.059	-0.025	0.025	-0.176	0.000	0.920	0.232

从表 3 中可以看出,第一主成分与国内生产总值、人均国内生产总值、第二产业产值、工业产值、第三产业产值、固定资产投资总额、单位面积 GDP 之间具有较大的正相关性,且因子荷载均在 0.7 以上,这些因子都是体现社会经济水平的指标,因此第一主成分体现了区域内的经济因素。第一产业产值与第一主成分具有一定的正相关关系,但是荷载系数低于其他经济指标,说明第一产业与其他产业相比,对土地利用变化的影响低。第二主成分因子荷载超过 0.7 的变量为单位面积人口与总人口,表明第二主成分是人口因素的体现。

3 讨 论

沿海围垦动态与土地利用变化主要受自然因素与人文因素共同影响^[22],但在较短时期内,社会、经济及政策等人文因素是影响土地利用变化的主要因素^[23]。结合主成分分析结果,可以得出江苏省沿海地区围垦与土地利用变化的驱动力主要包括自然因素、人口因素、经济因素以及政策因素的结论。

3.1 自然因素

因为作为大量泥沙来源的黄河北归,江苏沿海地区淤积的泥沙来源突然消失,水沙条件的供给关系发生改变,使江苏海岸湿地的形式发生了变化,从北到南逐渐形成侵蚀型、过渡型和淤涨型的海岸形式^[24]。盐城射阳段海岸为侵蚀型—淤涨型过渡地带,以废黄河口为界,北侧呈侵蚀型特点,南侧直到长江入海口则呈淤涨型特点^[25]。江苏省拥有 666 km 粉砂淤泥质海岸线,其长度占全省海岸线的 70%^[11]。在自然状态下,淤涨型海岸还处于一直淤涨的状态,使海岸线有明显的向海扩展增加趋势,每年以几米至几十米的速率向外淤

涨,最大淤涨速率能达到 $200\text{ m/a}^{[26]}$;侵蚀型海岸特点则完全相反,海岸线有向内陆迁移的趋势;风暴作用对淤泥质潮滩—潮沟系统的地貌演变有重要的影响^[27]。另外,连云港海岸 $0\sim10\text{ m}$ 等深线范围内滩涂面积 $308\,736\text{ hm}^2$,盐城和南通岸段毗邻辐射沙脊,等深线曲折、沙洲众多,故不分开计算, $0\sim10\text{ m}$ 等深线范围内滩涂面积 $2\,624\,708\text{ hm}^2^{[28]}$ 。连云港沿海区县的围垦强度为 $2.2\text{ hm}^2/(\text{a}\cdot\text{km})$,总围垦面积为 $6\,046.9\text{ hm}^2$,这 2 项指标在研究区 3 个城市中都是最低值,这是因为连云港海岸类型属于侵蚀型海岸,并且浅层滩涂较少,其自然条件对于滩涂围垦工作产生了一定的限制,使其围垦效率降低。盐城市与南通市的海岸类型大部分属于淤涨型海岸,滩涂面积大,特别是大丰、东台、如东、通州、海门沿海的辐射沙洲区,滩涂面积占 2 个城市市滩涂面积的 75.3% 。在自然淤涨条件下,2 个城市沿海区县围垦效率相对较高,盐城市和南通市围垦面积分别为 $60\,765.8\text{ hm}^2$ 和 $40\,607.3\text{ hm}^2$ 。

连云港沿海地区由于围垦面积小,后备土地资源缺乏,为保证城市的扩张与发展,同时满足耕地占补平衡的要求,只能开发沿海地区的水体和新围垦的土地等,在某种程度上抑制了城镇扩张以及工业的发展。而围垦效率较高的盐城、南通沿海地区后备土地资源丰富,城镇扩张以及建立工厂等所占用的耕地可以利用围垦区的土地来进行平衡,有利于城镇化和工业化的发展。除此之外,土壤状况与气候差异等也是影响土地利用变化的重要因素^[6]。

3.2 人文驱动因子

3.2.1 人口因素

人口是人类社会经济生产发展的主体,是土地利用变化最具活力的因素之一^[29],人口增加必然要求更多的居住、交通和服务设施用地等^[30],大量的耕地和未利用土地等被开发为城乡、工矿及居民用地。在 2000—2017 年间,连云港沿海区县人口增幅最大,整体高于盐城和南通沿海区县,增幅达到 16.5% ,常住人口的大量增长使居民及其配套用地增加,新围垦的土地部分转化为城镇用地。

3.2.2 经济因素

经济发展是影响一个地区土地利用变化的最重要因素。2000 年江苏沿海土地利用以耕地、城乡工矿及居民用地与林地为主,占比分别为 36.3% 、 21.5% 与 24.6% 。在这 17 年间,连云港市沿海区县城乡工矿居民用地面积增加了 36% 。连云港地处新亚欧大陆桥头堡的位置,着重发展重大基础工业、海洋产业以及港口,对土地的需求巨大,大量水塘与荒地开发,转化为城乡、工矿及居民用地。从图 2 可以看出,盐城市沿海区县从内陆到沿海地区形成了城镇—耕地—水塘—滩涂的土地利用种类格局。在过去的 17 年间,随着区域内经济的发展,人们对土地需求量越来越大,加速了沿海围垦的进程。城市的扩张、工厂的增加使这一格局整体向海岸方向迁移,并且耕地、水塘以及滩涂的面积被压缩,减幅分别为 6.6% 、 8.2% 和 37.7% ,城镇和工

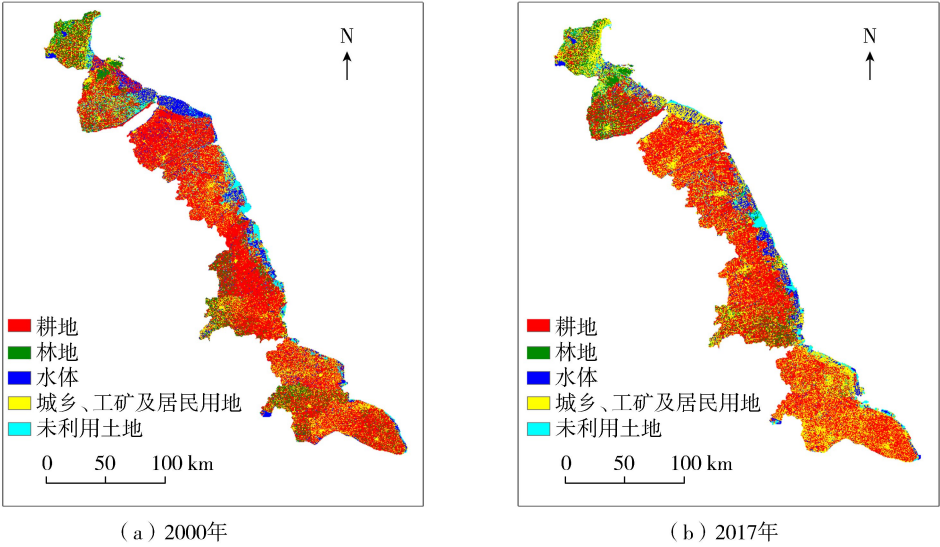


图 2 江苏省沿海地区土地利用变化

Fig.2 Land use change of Jiangsu coastal area in 2000 and 2017

矿居民用地则增加 78.2%。南通市沿海区县是这 3 个城市中经济发展最迅速的地区,在 17 年间,耕地、林地以及水体面积分别减少了 4.7%、88.9% 和 24.3%,工矿用地面积增加了 98.0%,这是因为区域内第二产业与第三产业得益于其区位优势,发展迅速,2017 年第二产业和第三产业产值与 2000 年相比,约分别增加 8 倍和 9.4 倍(表 4),增幅较大,导致部分耕地、林地被城镇与工厂所占用,沿海养殖水塘也大部分转化为工矿用地。在 2000—2017 年间,连云港、盐城和南通市沿海区县 GDP 分别增加了 6.21 倍、8.71 倍与 8.91 倍,经济的迅速发展使人民的生活水平显著提升,在住房、出行等领域增加了大量资金投入^[31]。已有学者指出,GDP 增长是城市用地扩张最根本的驱动因素^[32-33]。

3.2.3 政策因素

区域土地利用变化与该区域政治、地方法规政策等有着密不可分的关系。20 世纪 90 年代,江苏省提出建设“海上苏东”的战略部署;2004 年 3 月,《江苏沿海开发总体规划》编制启动;2007 年 4 月,江苏省委、省政府召开沿海工作会议,全面启动新一轮沿海开发;2009 年 6 月 10 日,国务院讨论并通过《江苏沿海地区发展规划》,标志着江苏沿海开发上升到国家战略^[34],这一系列的政策都直接影响了江苏省沿海地区围垦进程与土地利用变化。由于政策与规划布局不同,各个市、县或区形成了各不相同的土地利用结构;连云港市沿海地区大力发展制造业与港口建设,围垦强度不大;盐城市积极开发滩涂资源,沿海设立湿地保护区,大量原始海岸得到保护;南通市沿海打造富有南通沿海特色的产业带,海洋工程与船舶成为发展的重点。

4 结 论

- a. 在 2000—2017 年间,江苏省沿海地区共围垦 107 420.0 hm²,年均围垦面积为 6 318.8 hm²,全省平均围垦强度为 7.11 hm²/(a·km)。盐城市沿海区县围垦面积最大,其围垦面积占全省围垦面积的 56.6%。
- b. 在 2000—2017 年间,连云港市沿海区县内耕地、水体和未利用土地的面积均有不同程度的减小,林地与城乡、工矿及居民用地面积明显增加,耕地、未利用土地和新围垦区大部分转化为城乡、工矿及居民用地;盐城市沿海区县土地利用变化趋势与连云港市沿海区县相同,区域内大量耕地转化为城乡、工矿及居民用地,新围垦区的土地利用类型为未利用土地、水体和耕地;南通市沿海区县内城乡、工矿及居民用地的面积增加,耕地、林地和水体面积大幅度减少,城市扩张明显,新围垦的土地大多是养殖水塘与未垦的荒地。
- c. 主成分分析结果表明,总人口和社会经济的发展是江苏沿海地区围垦进程与土地利用变化的主要驱动力,自然条件、国家及地区政策也是驱动力之一。

参考文献:

[1] 朱长柏. 基于 RS 与 GIS 技术的土地利用/覆盖调查:以佛山市禅城区为例[J]. 科技信息(科学教研),2008(18):98,130. (ZHU Changbai. Land use/coverage survey based on rs and gis technology: a case study of chancheng district, foshan city[J]. Science & Technology Information, 2008(18):98,130. (in Chinese))

[2] 吕乐婷,张杰,江源,等. 土地利用变化对东江流域产流过程影响的定量评估[J]. 水资源保护,2018,34(3):45-51. (LYU Leting, ZHANG Jie, JIANG Yuan, et al. Quantitative assessment on influence of land use change on process of runoff production in Dongjiang River Basin[J]. Water Resources Protection, 2018, 34(3):45-51. (in Chinese))

[3] 顾朝林. 北京土地利用/覆盖变化机制研究[J]. 自然资源学报,1999,14(4):307-312. (GU Chaolin. Study on phenomena and mechanism of land use/cover change in Beijing[J]. Journal of Natural Resources, 1999, 14(4):307-312. (in Chinese))

[4] 周煜,余夏杨,周廷璋,等. 采用高密度电法仪监测围垦区土壤盐分变化[J]. 水资源保护,2018,34(2):96-101. (ZHOU Yu, YU Xiayang, ZHOU Tingzhang, et al. Monitoring on change of soil salinity with high-density resistivity instrument in a reclaimed area[J]. Water Resources Protection, 2018, 34(2):96-101. (in Chinese))

[5] 张长宽,陈君,林康,等. 江苏沿海滩涂围垦空间布局研究[J]. 河海大学学报(自然科学版),2011,39(2):206-212. (ZHANG Changkuan, CHEN Jun, LIN Kang, et al. Spatial layout of reclamation of coastal tidal flats in Jiangsu Province[J].

表 4 2000 年与 2017 年研究区域内各产业产值

Table 4 Output value of various industries in the study area in 2000 and 2017 亿元

地区	年份	第一产业产值	第二产业产值	第三产业产值
连云港市沿海区县	2000	47.8	92.8	66.9
	2017	259.7	523.5	586.2
盐城市沿海区县	2000	104.3	93.5	78.8
	2017	349.6	955.1	921.8
南通市沿海区县	2000	90.3	175.8	144.5
	2017	244.1	1 775.3	1 507.6

- Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2011, 39(2):206-212. (in Chinese))
- [6] 陈君. 江苏沿海地区经济发展途径浅析[J]. 水利经济, 2018, 36(3):1-5. (CHEN Jun. Mode of economic development in coastal areas of Jiangsu Province[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2018, 36(3):1-5. (in Chinese))
- [7] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域:土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6):553-558. (LI Xiu bin. A review of the international researches on land use/land cover change[J]. Acta Geographica Sinica, 1996, 51(6):553-558. (in Chinese))
- [8] 王建武,肖红生,杨燕琼. 应用卫星遥感影像分析粤西沿海围垦动态变化[J]. 华南农业大学学报, 2000, 21(1):1-4. (WANG Jianwu, XIAO Hongsheng, YANG Yanqiong. Analyzing the dynamics of reclaimed coastal land using LANDSAT TM image in Western Guangdong Province[J]. Journal of South China Agricultural University, 2000, 21(1):1-4. (in Chinese))
- [9] 王玉,贾晓波,张文广,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(增刊1):7-12. (WANG Yu, JIA Xiaobo, ZHANG Wenguang, et al. Land use change and analysis on the driving forces in the coastal zone of Jiangsu[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(Sup1):7-12. (in Chinese))
- [10] 陆晓燕,杨智翔,何秀凤. 2000—2009年江苏沿海海岸线变迁与滩涂围垦分析[J]. 地理空间信息, 2012, 10(5):57-59, 81. (LU Xiaoyan, YANG Zhixiang, HE Xiufeng. Analysis of coastal coastline changes and coastal reclamation in Jiangsu Province from 2000 to 2009[J]. Geospatial Information, 2012, 10(5):57-59, 81. (in Chinese))
- [11] 张长宽,陈欣迪. 海岸带滩涂资源的开发利用与保护研究进展[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2016, 44(1):25-33. (ZHANG Changkuan, CHEN Xindi. Advances in development, utilization and protection of coastal tidal flats[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2016, 44(1):25-33. (in Chinese))
- [12] 张晓祥,严长清,徐盼,等. 近代以来江苏沿海滩涂围垦历史演变研究[J]. 地理学报, 2013, 68(11):1549-1558. (ZHANG Xiaoxiang, YAN Changqing, XU Pan, et al. Historical evolution of tidal flat reclamation in the Jiangsu coastal areas[J]. Acta Geographica Sinica, 2013, 68(11):1549-1558. (in Chinese))
- [13] 史利江,王圣云,姚晓军,等. 1994—2006年上海市土地利用时空变化特征及驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12):1468-1479. (SHI Lijiang, WANG Shengyun, YAO Xiaojun, et al. Spatial and temporal variation characteristics of land use and its driving force in Shanghai City from 1994 to 2006[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(12):1468-1479. (in Chinese))
- [14] 任美镔. 江苏海岸带和海涂资源综合调查报告[M]. 北京:海洋出版社, 1986.
- [15] 罗锋,常曼,宋晓村,等. 江苏沿海滩涂开发利用对策研究[J]. 水利经济, 2016, 34(4):1-3, 16, 73. (LUO Feng, CHANG Man, SONG Xiaocun, et al. Development and strategy of coastal beaches in Jiangsu Province[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2016, 34(4):1-3, 16, 73. (in Chinese))
- [16] 邹欣庆. 江苏海岸带环境的压力分析与政策响应[J]. 海洋地质动态, 2004, 20(7):20-24. (ZOU Xinqing. Environmental pressure analysis and police guidelines for coastal environmental management of the Jiangsu coastal zone[J]. Marine Geology Frontiers, 2004, 20(7):20-24. (in Chinese))
- [17] 罗锋,宋晓村,常曼,等. 沿海滩涂资源围垦开发利用需求与制约因素[J]. 水利经济, 2017, 35(1):1-3, 75. (LUO Feng, SONG Xiaocun, CHANG Man, et al. Needs and restricting factors for development and utilization of tidal flat resources[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2017, 35(1):1-3, 75. (in Chinese))
- [18] 国土资源部. 土地利用现状分类:GB/T 21010—2007[S]. 北京:中华人民共和国国家质量监督检验检疫局,中国国家标准化管理委员会, 2007.
- [19] 孙静雯,王红旗,张欣,等. 基于决策树分类的根河市土地利用变化及驱动力分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(增刊1):449-452. (SUN Jingwen, WANG Hongqi, ZHANG Xin, et al. Land use change and driving forces in Genhe City based on decision tree classification[J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(Sup1):449-452. (in Chinese))
- [20] 王艺霖,苏程佳,陈晓宏,等. 磨刀门水道枯水期咸潮变化趋势及成因[J]. 水资源保护, 2019, 35(2):37-43. (WANG Yilin, SU Chengjia, CHEN Xiaohong, et al. Change trend and cause of salt tide in Modaomen Channel during dry seasons[J]. Water Resources Protection, 2019, 35(2):37-43. (in Chinese))
- [21] 赵小汎,代力民,陈文波,等. 耕地与建设用地变化驱动力比较分析[J]. 地理科学, 2008, 28(2):214-218. (ZHAO Xiaofan, DAI Limin, CHEN Wenbo, et al. Comparative analysis on driving forces of cultivated land and construction land use change[J]. Scientia Geographica Sinica, 2008, 28(2):214-218. (in Chinese))
- [22] 李宏,邓良基,吴金涛. 成都平原县域景观格局时空变异与驱动因子分析:以成都市双流县为例[J]. 资源科学, 2005, 27(2):147-153. (LI Hong, DENG Liangji, WU Jintao. Spatial-temporal change of landscape patterns and driving forces at county

- levels of Chengdu plain based on GIS: a case study from Shuangliu County of Chengdu City[J]. Resources Science, 2005, 27(2):147-153. (in Chinese))
- [23] 仇恒佳,卞新民. 环太湖景观生态格局变化研究:以苏州市吴中区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(1):81-85. (QIU Hengjia, BIAN Xinmin. Landscape dynamic variation around Tai lake: a case study of Wuzhong District of Suzhou City [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006, 15(1):81-85. (in Chinese))
- [24] 张忍顺,陈才俊. 江苏岸外沙洲演变与条子泥并陆前景研究[M]. 北京:海洋出版社,1992.
- [25] 张忍顺,陆丽云,王艳红. 江苏海岸侵蚀过程及其趋势[J]. 地理研究, 2002, 21(4):469-478. (ZHANG Renshun, LU Liyun, WANG Yanhong. The mechanism and trend of coastal erosion of Jiangsu Province in China[J]. Geographical Research, 2002, 21(4):469-478. (in Chinese))
- [26] 陈才俊. 江苏滩涂研究[M]. 北京:海洋出版社,1992.
- [27] 龚政,张岩松,赵堃,等. 风暴作用下淤泥质潮滩-潮沟系统地貌演变研究进展[J]. 水利水电科技进展, 2019, 39(4):75-84. (GONG Zheng, ZHANG Yansong, ZHAO Kun, et al. Advances in coastal storm impacts on morphological evolution of mud tidal flat-creek system[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2019, 39(4):75-84. (in Chinese))
- [28] 孙伟红. 江苏海岸滩涂资源分布与动态演变[D]. 南京:南京师范大学,2012.
- [29] 王晓峰,任志远,黄青. 风沙过渡区土地利用变化及驱动力分析:以陕北神木县为例[J]. 干旱区地理, 2003, 26(4):402-407. (WANG Xiao Feng, REN Zhi Yuan, HUANG Qing. Analysis of land use change and driving force in wind drift sand region: a case study over Shenmu country[J]. Arid Land Geography, 2003, 26(4):402-407. (in Chinese))
- [30] 李伟妙,邢倩,董坤,等. 基于 Landsat 影像的石家庄市土地利用变化分析[J]. 西部资源, 2016(6):176-179. (LI Weimiao, XING Qian, DONG Kun, et al. Landsat image based analysis of Land use change in Shijiazhuang City[J]. Western Resources, 2016(6):176-179. (in Chinese))
- [31] 徐伟芳,陈岷. 基于 Landsat 影像的北京市土地利用变化检测及驱动力研究[J]. 北京测绘, 2018, 32(1):58-61. (XU Wweifang, CHEN Min. Land use change and driving force in Beijing based on Landsat images[J]. Beijing Surveying and Mapping, 2018, 32(1):58-61. (in Chinese))
- [32] 孟延春,汤苍松. 改革开放以来北京市人口空间分布的变动特征:基于 1982—2010 年四次人口普查资料的分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(3):135-142. (MENG Yanchun, TANG Cangsong. Study on the trend of population spatial distribution in Beijing since the reform and opening-up: based on analyzing the data of four population census from 1982 to 2010 [J]. China Population, Resources and Environment, 2015, 25(3):135-142. (in Chinese))
- [33] 谈明洪,李秀彬,吕昌河. 我国城市用地扩张的驱动力分析[J]. 经济地理, 2003, 23(5):635-639. (TAN Minhong, LI Xiubin, LYU Changhe. An analysis of driving forces of urban land expansion in China. Economic Geography[J], 2003, 23(5):635-639. (in Chinese))
- [34] 陈欣迪,陈君,张长宽. 盐城市沿海大规模滩涂开发利用评估[J]. 水利水电科技进展, 2016, 36(2):53-58. (CHEN Xindi, CHEN Jun, ZHANG Changkuan. Evaluation of large-scale development and utilization of coastal tidal flats in Yancheng City [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2016, 36(2):53-58. (in Chinese))

(收稿日期:2018-09-08 编辑:高建群)