

基于遥感的江苏省区域建设用海集约利用现状评价

王玉洁¹, 汤茹男¹, 蔡雯沁¹, 张慧铭¹, 潘铄宇², 张东^{1,3}

(1. 南京师范大学 海洋科学与工程学院 南京 210023; 2. 南京师范大学 地理科学学院 南京 210023;

3. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心 南京 210023)

摘要:区域建设用海是海域使用的一种重要方式。文章以土地与海域集约利用评价为参照,从“投入—产出”的角度出发构建了区域建设用海集约利用评价指标体系,利用遥感解译方法从 2017 年高分影像中提取并计算了江苏省 12 个区域建设用海的主要评价指标值,应用 TOPSIS 模型评价了江苏省沿海已建项目的集约用海现状。研究表明:①江苏省区域建设用海开发利用程度较低,53.2%的土地处于未利用状态,农渔业为面积占比最小的用地类型,江苏省对第二、第三产业的发展更为重视。②已有的开发活动中,人工设施面积较小,建筑与道路等面积占比远小于生态面积,区域生态健康状况良好。③根据指标计算,江苏省区域建设用海集约利用评价得分集中在 0.4~0.6,集约利用程度整体较低,不同项目集约化利用程度差异较小,主要原因在于项目投资强度两极分化,道路等基础设施不够完善等。④从不同用海类型来看,交通运输用海集约利用程度最高,其用海结构布局最适宜,效率最高。文章所建指标具有指向性,应用 TOPSIS 模型进行无须赋予权重,因此更能客观真实地反映江苏省区域建设用海的集约利用情况。

关键词:遥感;区域建设用海;集约利用;指标权重;TOPSIS 模型;江苏省

中图分类号:P7

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2019)11-0015-08

Evaluation on the Intensive Utilization of Reclamation Areas in Jiangsu Province Based on Remote Sensing

WANG Yujie¹, TANG Runan¹, CAI Wenqin¹, ZHANG Huiming¹,
PAN Shuoyu², ZHANG Dong^{1,3}

(1. Department of Marine Science and Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China;

2. Department of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China; 3. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China)

Abstract: Sea use for regional construction is an important way of using the sea area. Based on the evaluation of intensive use of land and sea area, an evaluation index system of intensive use of sea for regional construction was established from the perspective of input-output. The main

收稿日期:2019-04-13;修订日期:2019-10-14

基金项目:国家自然科学基金项目(41771447);南京师范大学 2018 年度大学生创新创业训练计划项目。

作者简介:王玉洁,研究方向为海岸带资源开发管理

通信作者:张东,副教授,博士,研究方向为海洋信息技术与海岸带资源开发管理

evaluation index values of 12 regional construction seas in Jiangsu province were extracted and calculated from high-score images in 2017 by remote sensing interpretation method. The TOPSIS model was used to evaluate the current situation of intensive use of sea for coastal construction projects in Jiangsu province. The results showed that: (1) The degree of exploitation and utilization of the sea for regional construction in Jiangsu province was low, 53.2% of the land was unused, and the agriculture and fishery were the smallest type of land use. Jiangsu province had paid more attention to the development of secondary and tertiary industries. (2) In the existing development, the area of artificial facilities was small, the proportion of buildings and roads was much smaller than the ecological area, and the regional ecological health was in good condition. (3) According to the calculation of the indicators, the evaluation scores of the intensive utilization of the sea for regional construction in Jiangsu province were concentrated at 0.4~0.6, the overall degree of intensive utilization was low, and the degree of intensive utilization of different projects differed little, mainly because of the polarization of the investment intensity of the project and the imperfection of infrastructure such as roads. (4) According to different types of sea use, the intensive use of sea for transportation is the highest, and the layout of sea structure was the most appropriate and the efficiency was the highest. The indicators built in this paper were directional, and the TOPSIS model does not need to be weighted, so it can reflect the intensive utilization of the sea for regional construction in Jiangsu more objectively and truly.

Key words: Remote sensing, Sea area utilized for regional construction, Intensive utilization, Index weight, TOPSIS model, Jiangsu province

我国东部沿海城市承载着人口自然增长与迁入的巨大压力,不断涌入的人口致使沿海城市有限的土地资源日益紧张。随着 21 世纪“海洋世纪”的到来,通过围填海增加土地,对区域建设用海进行总体布局和规划,发展临海工业、港口开发、滨海旅游、滨海城镇建设等,成为缓解人地矛盾、科学利用海域资源的重要举措^[1]。然而,后期跟踪调查发现,闲置浪费及粗放利用现象屡见不鲜,大面积的围填海对海岸带环境和生态造成长期和难以估量的负面影响^[2]。因此,海域的集约利用研究逐渐受到重视,为研究海域资源的集约节约利用状况,王晗等^[3]、柯丽娜等^[4]、许多学者参考土地集约利用相关理论,提出海域集约利用的概念及内涵;胡彪等^[5]初步建立了海域集约利用与环境协调发展评价指标体系,在全国沿海 11 个省、市、自治区得到较好的应用;胡聪等^[6]通过定性与定量相结合的方法建立集约用海对海洋资源影响评价指标体系,对曹妃甸集约用海影响进行了评价。

然而在应用这些指标体系对区域建设用海进行评价的过程中,遇到 3 个主要问题。一是海域集约利用与区域建设用海集约利用既有联系又有区别,指标不能直接参照;二是指标值不易获取;三是指标权重的确定大多根据专家经验进行打分,主观性较强。为寻求一种方便易行的方式来科学客观地评价江苏区域建设用海集约利用情况,本研究综合江苏省区域建设用海大量围填以增加土地资源的特征,选取围填率、确权用海实际使用率等衡量其围填效率的指标,尝试建立适合江苏海域开发特色的区域建设用海集约利用评价指标体系,然后主要基于遥感图像解译获取指标值,并利用 TOPSIS 模型对区域建设用海的集约利用状况进行计算和客观评价,以期提出合理建议,为江苏省推动海洋产业的集聚发展、绿色发展和循环发展,有效管理海域及岸线资源提供参考。

1 研究区概况与数据来源

选择江苏省沿海 12 个区域建设项目用海为研

究区,位于 31°46′N—34°51′N,119°11′E—121°55′E,区域建设用海项目基本情况如表 1 所示。江苏海岸类型除基岩海岸(4%)和砂质海岸(3%)外,93%为粉砂淤泥质海岸^[7],属于滨海海积平原地区,近海有辐射沙脊群庇护,为填海造陆提供了良好的先决条件。江苏省建设项目用海有 4 种类型:工业

用海、造地工程用海、交通运输用海与渔业用海。其中用于第二、第三产业的土地类型较多,仅有 3 项区域建设用海项目用于渔业活动,造地工程用海项目着重城镇建设,交通运输用海基本用来进行港口的建设。

表 1 区域建设用海项目基本情况

项目名称	围填面积/hm ²	占用海岸线长度/km	项目类型
启东市滨海工业集中区综合配套服务功能区用海	403.0	1.5	工业用海
启东市五金机电城用海	256.9	2.8	工业用海
吕四港物流中心用海、南通港吕四港区区域建设用海	551.0	10.3	交通运输用海
启东市吕四渔港经济区区域建设用海	2 956.0	6.2	交通运输用海
江苏省海门市滨海新区区域建设用海 通州市滨海新区区域建设用海	3 287.3	21.8	造地工程用海
江苏省如东县掘苴垦区高涂围垦养殖用海	996.5	3.8	渔业用海
如东洋口渔港经济区用海	849.0	6.5	交通运输用海
江苏省条子泥垦区(一期)高涂围垦养殖用海 江苏省东台市梁南淤涨型高涂围垦养殖用海 东台市弶东淤涨型高涂围垦养殖用海	1 915.7	13.1	渔业用海
大丰市港区北片区区域建设用海 大丰市南港高涂养殖用海	589.3	2.6	渔业用海
江苏省连云港徐圩港区(一期)区域建设用海	667.3	4.2	交通运输用海
连云港市海滨新区用海	1 744.0	11.7	造地工程用海
赣榆县滨海新城区域建设用海	291.0	1.9	造地工程用海

数据来源:江苏省测绘工程院《江苏省区域建设用海规划围填海存量及开发利用现状分析报告》。

本次研究选取的遥感影像为覆盖 12 个区域建设用海规划项目所在区域的资源三号、高分一号和高分二号卫星影像,成像时间为 2017 年 4—6 月。另外收集区域建设用海的项目固定资产投资、确权面积与规划面积等数据,用于评估项目建设状况。

2 研究方法

2.1 区域建设用海集约利用评价指标体系构建

目前对土地集约利用的普遍认识是指在单位面积的土地上投入劳动力资源、以最小的成本获取最大的经济利益的经营方式。借鉴土地的集约利用的概念,综合考虑海域的特点,提出海域集约利用的内涵:在单位面积海域内,投入一定的劳动力

与资本,优化海域利用的布局,调整海域利用的结构,提高该片海域的“性价比”,以最小的成本获取最大的产出效益的利用方式^[6]。在此基础上,进一步参考土地的集约利用与经济学理论基础,从“投入—产出”的角度出发构建区域建设用海集约利用的评价指标体系框架,建立投入层、结构层与效率层 3 个准则层,向下进一步确立指标层,力求全面客观评价围填海区域的集约利用情况。评价指标的选取参考《建设项目用海面积控制指标(试行)》^[8],并综合了柯丽娜等学者的研究成果^[4—6]。基于海域开发利用的独特性与遥感图像数据的特点,遵循指标选取的科学性及可操作性等原则,总共选取以下 10 个指标(表 2)。

表 2 江苏省区域建设用海集约利用评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标层含义说明	指标计算方法
区域建设用海集约利用评价 A	投入层 B1	固定资产投入强度 C1	使用海域的固定资产投入情况	项目固定资产总投资额/围填面积
	结构层 B2	基础设施面积占比 C2	基础设施建设情况	基础设施面积/围填面积
		容积率 C3	建筑设施密集度	总建筑面积/围填面积
		海洋生态面积占比 C4	生态用海情况	海洋生态空间总面积/围填面积
		第一产业面积占比 C5	第一产业海域产业结构	第一产业面积/围填面积
		第二、三产业面积占比 C6	第二、三产业海域产业结构	第二、三产业面积/围填面积
	效率层 B3	围填率 C7	围填效率	围填面积/规划用海面积
		确权用海实际使用率 C8	建设项目用海符合程度	落户项目实际用海面积/确权面积
		海域利用率 C9	各种建筑物、用于生产的用海效率	有效利用面积/围填面积
		岸线使用率 C10	岸线利用情况	新岸线长度/原岸线长度

2.2 评价指标值计算

区域建设用海集约利用评价指标主要通过遥感图像解译后计算得到。在遥感图像分类前,先确定研究区内土地利用类型,分为建筑、植被、道路、水域、养殖用海和裸地 6 种不同用地类型,其中裸地、部分水域和植被统一化分为未利用地。鉴于不同遥感影像的特点分别运用 ENVI、ArcGIS 进行图像处理:地物破碎化严重的影像使用 ENVI 进行监督分类;受天气等因素影响较大而不易监督分类的则通过 ArcGIS 进行人工数字化分类。在监督分类时选取部分样本,保证样本可分离度在 1.8 以上选择最大似然法执行监督分类。最后,对分类结果进行后处理,结合手动修改,以改正明显错误的分类。遥感影像处理结果如图 1 所示。

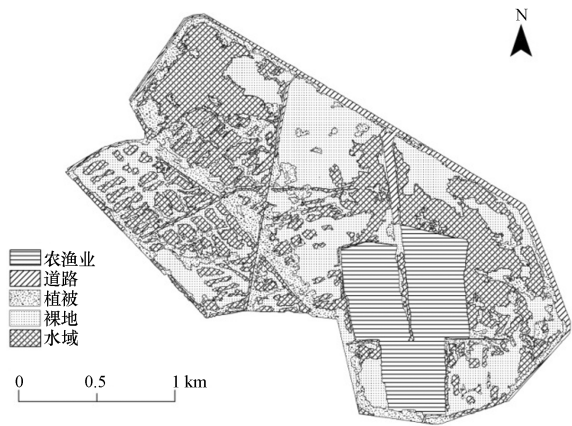


图 1 研究区分类结果(以项目 2 为例)

的图像都是由许多小部分构成的,因此需要将这些小部分按照土地利用类型分别合成同一部分,然后利用 ENVI 或 ArcGIS 得到面积数据,根据表 2 的指标计算方法得到指标值。

2.3 集约利用现状评价方法

采用 TOPSIS 模型进行区域建设用海集约利用现状评价,步骤如下^[9-11]。

(1)首先将集约利用指标值进行归一化,把指标分为正向指标与负向指标分别进行处理。集约化指以最小的成本获取最大的产出效益。因此,表 2 的指标层中,C1 为负向指标,C2~C10 为正向指标。

对于 C1:

$$Y = (X_{\max} - X) / (X_{\max} - X_{\min}) \tag{1}$$

对于 C2~C10:

$$Y = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \tag{2}$$

式中: X 为原始数据; $X_{\max}$ 为样本数据最大值; $X_{\min}$ 为样本数据最小值。

(2)采用余弦法找出有限方案中的最优方案与最劣方案,最优方案 Z^+ 由归一化后每组数据的最大值组成: $Z^+ = (\max Z_1, \max Z_2, \dots, \max Z_n)$,最劣方案 Z^- 由归一化后每组数据的最小值组成: $Z^- = (\min Z_1, \min Z_2, \dots, \min Z_n)$

(3)每个准则层内分别计算各评价对象与以上两个方案间的距离 D_i^+ 和 D_i^- 与最优方案的距离:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\max Z_i - Z_i)^2} \tag{3}$$

遥感图像解译完成后,由于解译过程中每一类

以及与最劣方案的距离:

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\min Z_i - Z_i)^2}$$
 (4)

对于投入层 m 取值为 1,结构层 m 取值为 5,效率层 m 取值为 4。

(4)分别对 3 个准则层计算各评价对象与最优方案之间的相对接近程度 P_i ,得到各准则层的得分。

$$P_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$
 (5)

式中: $0 \leq P_i \leq 1$ 。 P_i 越大,表明评价对象越接近最优方案。

(5)将 B1、B2 与 B3 层的 P_i 值归一化,再次按以上步骤计算,得到区域建设用海集约利用情况的整体得分。

3 结果分析

3.1 海域利用现状分析

将遥感解译得到的图像进行面积统计(图 2),江苏省区域建设用海仍存在 53.2%的未利用地,约有一半的海域进行围填后尚未开发利用。将已利用的土地类型面积按项目类型进行统计(图 3),面积最大的土地利用类型为植被,除交通运输用海外,工业用海、渔业用海和造地工程用海皆有 600 hm² 以上的植被面积。由于海门市、通州区、连云区与赣榆区的填海造地工程均是用于城镇建设,植被规划建设较好,因此造地工程用海拥有最多的植被面积。占地面积居于其次的是水域,本次研究区域中有 4 处交通运输用海的区域建设用海项目均用于港口建设,港口包含一定面积的水域以供船舶进出,因此交通运输用海水域面积最大,其中吕四港区的水域面积高达 1 101.4 hm²。江苏省区域建设用海的基础设施完备程度较低,建筑设施较少且道路网稀疏,进驻企业较少,因此建筑面积和道路面积在整个区域建设用海中的面积占比不大。因为第三产业发展迅速,逐渐替代第一产业占据主导地位,并且区域建设用海尚未完全开发利用,所以农渔业土地类型占比最低,目前仅有 899.6 hm² 的区域建设用海用于渔业养殖。

综合来看,江苏省区域建设用海开发利用缓慢,未利用地较多;植被、水域等生态面积占比远大

于建筑与道路等人工设施面积的总和;农渔业占地面积最少。相对而言,区域用海更重视第二、第三产业的发展。

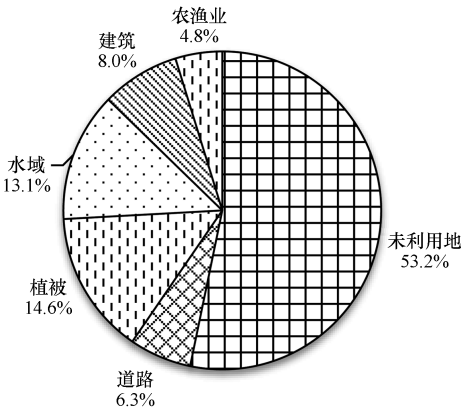


图 2 各用地类型面积占比

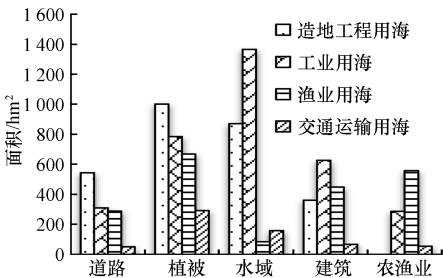


图 3 各项目类型用地类型面积统计

3.2 项目资源利用情况分析

表 3 列出了 12 个区域建设用海的各指标层的指标计算结果。将结构层 B2 和效率层 B3 的各指标求平均值,对比如图 4 所示。

根据投入层的统计结果,江苏省区域建设用海投资情况两极分化现象明显,投资最少的用海项目几乎为零投资,而投资最多的如东洋口渔港经济区用海项目高达 1 408.95 万/hm²。整体来看,结构层指标值远低于效率层指标值,第一产业用地占比的指标值最低,12 个区域建设用海项目中第一产业用地占比最高不超过 30%,仅如东县、条子泥等区域存在大面积渔业养殖作业;结构层中第二、第三产业用地占比指标值相对较高,江苏省大部分区域建设用海项目都有第二、第三产业作业区域,如东洋口渔港经济区第二、第三产业用地占比高达 66.7%,此外,启东市吕四渔港经济区区域建设用

海与连云港市海滨新区用海也利用大面积海域分别用来进行港口与城镇建设。从用地面积占比来分析,江苏省区域建设用海的“一、二、三”次产业结构顺序正在向“三、二、一”次产业结构顺序演变。

表 3 集约利用评价指标值

指标值	区域											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C1	644.67	0.00	418.59	303.40	1 108.69	0.00	1 408.95	0.00	684.41	247.26	339.22	0.00
C2	18.1	4.5	3.8	17.3	15.6	5.2	46.1	7.4	23.4	26.3	15.5	14.0
C3	11.9	0.0	2.2	12.4	7.9	1.2	35.5	0.9	13.6	18.2	3.6	0.0
C4	7.1	0.0	29.9	5.0	4.5	7.4	0.0	11.4	5.7	5.3	19.5	26.9
C5	0.0	14.7	1.4	0.0	0.0	27.8	0.0	29.1	0.0	0.0	0.0	0.0
C6	36.9	0.0	3.9	30.9	13.3	0.0	66.7	14.1	8.2	16.0	45.3	0.0
C7	98.5	99.2	104.0	51.1	91.8	100.6	100.0	43.5	100.0	88.7	84.4	97.7
C8	81.2	85.4	274.2	142.2	124.9	0.0	101.9	19.5	65.6	15.1	49.4	46.8
C9	25.2	4.5	30.7	22.3	13.3	12.6	46.1	18.8	29.1	26.3	35.0	40.8
C10	593.3	132.1	381.6	143.6	161.9	194.7	84.6	116.8	184.6	192.9	90.9	289.5

几乎所有项目都充分利用了岸线资源,但是不同的用海项目对岸线的利用率差距较大,启东市滨海工业集中区综合配套服务功能区用海的岸线利用情况最好,新形成岸线约是原岸线的 6 倍。用海项目的围填率与确权用海实际使用率接近 100%,说明项目在获批后及时进行围填,在 2017 年围填工作已基本完成,并且落户项目实际用海面积基本符合确权面积。

3.3 集约利用情况分析

3.3.1 整体分析

根据已建立的评价指标体系,采用 TOPSIS 模型对数据较完整的研究区域进行计算分析,分别得到其投入层、结构层与效率层分数与集约利用得分表 4 所示。

表 4 投入层、结构层、效率层与集约利用得分

研究区域	得分			
	B1	B2	B3	整体
1	0.54	0.32	0.63	0.56
2	1.00	0.20	0.39	0.48
3	0.70	0.34	0.75	0.67
4	0.78	0.29	0.32	0.45
5	0.21	0.19	0.42	0.26
6	1.00	0.35	0.40	0.58
7	0.00	0.55	0.55	0.53
8	1.00	0.42	0.17	0.53
9	0.51	0.27	0.49	0.44
10	0.82	0.33	0.41	0.54
11	0.76	0.38	0.43	0.58
12	1.00	0.33	0.56	0.65

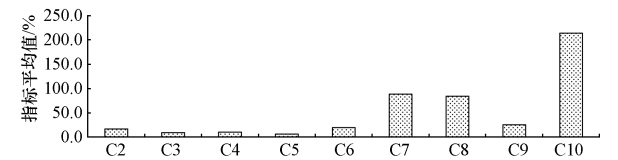


图 4 B2、B3 指标平均值

从整体得分来看,江苏省区域建设用海集约利用程度总体较低,大部分项目位于均分 0.52 左右,不同项目集约化利用程度差异并不明显。其中,集约利用得分高于 0.6 的有 2 个项目,为吕四港物流中心用海与赣榆县滨海新城区域建设用海。但江

苏省区域建设用海集约利用最高得分和最低得分之间相差接近 0.4,说明江苏省围填海建设情况分化较大,区域之间发展不同步。

集约化概念的普通意义即“花最少的钱,得到最高的效益”,江苏省围填海项目的单位面积用海资产投入资金过多或过少,得到的效果并不理想。从结构层来看,该准则层得分在 3 类准则层中普遍最低,说明项目用海在内部的基础设施建设、工程建筑面积以及生态空间建设完整度等方面存在滞后的情况,用海区域的产业结构发展规划也不甚合理。用海效率层平均得分仅为 0.46,说明江苏省区域建设用海的海域围填面积、有效利用面积较小,部分用海项目岸线资源没有得到有效利用。

3.3.2 不同用海项目类型差异分析

将相同项目类型的区域建设用海归为一体进行计算分析(图 5),交通运输用海集约利用程度最高,工业与渔业用海次之,造地工程用海类型集约利用程度最低。不同项目类型集约利用程度的差距主要体现在资本投入方面,养殖海域资金技术投入较少,而工业用海需要较多的资金进行各种基础设施的建设,因此投资强度相对较大,但取得的效益并不是很好,这主要是由于开发利用水平低,许多项目进展缓慢,基础设施不够完备,有的区域建设用海围填以来尚未有企业入驻,用海结构布局情况不理想。除了资本投入因素之外,不同项目类型的用海效率也是影响集约利用海域的重要因素之一。交通运输用海和工业用海在海域建设利用方面效率较高,养殖用海使用效率较低,主要是因为其用地的围填效率低下,或者岸线资源未得到有效合理的利用。综合来看,交通运输用海类型的区域建设用海集约利用情况最好,但依然存在提升进步空间。

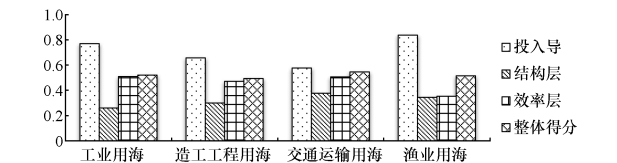


图 5 各项目类型集约利用情况

3.3.3 典型项目间差异分析

集约利用整体得分最高的区域建设用海为吕四港物流中心用海,该区域建设用海资产投入强度为 418.59 万/hm²,接近平均水平,投资比较合理;基础设施较完备,雨污水管道、给水、燃气、电力等配套管线已到位,已形成 20.7 km 的道路,由于绿化、水系等基础设施正在建设,因此其结构层得分较低;已形成实际围填海面积占批复规划用海面积的 94.03%,围填效率高且充分利用岸线资源,新形成岸线约是占用岸线的 3.15 倍,效率层得分高达 0.75。综合来看,吕四港物流中心区域建设用海虽然用海结构布局有待改善,但其投资强度适宜围填效率较高且充分利用岸线资源,因此集约利用情况相对较好。

而集约利用得分较低的区域建设用海主要存在以下几个方面:①从投资强度来看,区域建设用海项目总投资过多或过少,投资强度需要进行一定程度调整;②基础设施不完备,建筑设施稀疏,进驻企业较少甚至出现大面积空置情况,造成用海结构布局不合理;③围填率较低,经批复后依然大量区域未进行围填,或者该区域建设用海未充分利用岸线资源,导致效率层得分低。

4 结论与建议

从“投入—产出”的角度出发建立区域建设用海集约利用的评价指标体系,利用 TOPSIS 模型对江苏省区域建设用海集约利用情况进行分析评价,得到以下结论。

(1)从用地类型来看:江苏省区域建设用海开发利用进度较慢,大量围填海域仍处于闲置状态;植被、水域等生态面积占比高,生态情况良好;农渔业占地面积最少,江苏省第二、第三产业占地面积较大,第二、第三产业的发展得到充分重视。

(2)从集约利用情况来看:江苏省区域建设用海集约利用整体得分集中在 0.4~0.6,平均得分 0.52,集约利用程度较低,主要原因在于项目总投资过多或过少,不同项目投资强度差距较大;基础设施尚待完善,结构布局有待调整和优化。

从江苏省区域建设用海集约利用现状出发,提出以下两点建议。

(1)由于区域建设用海围填后开发利用率低,土地闲置情况严重,因此应严格审批围填海项目,对于已审批的围填海项目利用遥感等手段进行实时监测,加快企业项目等在区域建设用海上的落户进度,集约利用区域建设用海土地资源与岸线资源。

(2)为增加项目落户,建议区域建设用海尽早完成基础设施的建设。修建主干道路及道路分支,雨污水管道、给水、电力、通信配套管线等早日到位,以满足落户项目的基础需求;另外,合理安排区域建设用海用地结构,合理增加建筑设施密集度,增加生态用海面积。

参考文献

[1] 国家海洋局.区域建设用海规划管理办法(试行)[Z].2016.

[2] 侯西勇,张华,李东,等.渤海围填海发展趋势、环境与生态影响及政策建议[J].生态学报,2018,38(9):3311—3319.

[3] 王晗,徐伟.海域集约利用的内涵及其评价指标体系构建[J].海洋开发与管理,2015,23(9):45—48.

[4] 柯丽娜,刘亚楠,王权明,等.海域集约利用概念及其评价方法探讨[J].海洋开发与管理,2016,24(5):16—19.

[5] 胡彪,李健毅.海洋集约利用与海洋环境协调发展的时空差异评价[J].海洋环境科学,2014,33(6):889—895.

[6] 胡聪,尤再进,于定勇,等.集约用海对海洋资源影响评价方法研究[J].海洋环境科学,2017,36(2):173—178.

[7] 项立辉,刘健,孔祥淮,等.江苏沿海地区地形地貌资源的开发与利用[J].海洋地质动态,2010,26(9):39—42.

[8] 国家海洋局.建设项目用海面积控制指标(试行)[Z].2017.

[9] 沙宏杰,张东,施顺杰,等.基于耦合模型和遥感技术的江苏中部海岸带生态系统健康评价研究[J].生态学报,2018,38(19):7102—7112.

[10] LOURENZUTTI R, KROHLING R A. A generalized TOPSIS method for group decision making with heterogeneous information in a dynamic environment[J].Information Sciences, 2016, 330: 1—18.

[11] 洪惠坤,廖和平,魏朝富,等.基于改进 TOPSIS 方法的三峡库区生态敏感区土地利用系统健康评价[J].生态学报,2015,35(24):8016—8027.