

引用格式:冯佳凝,刘荣娟,濮励杰,等.基于陆海统筹的南通市国土空间开发适宜性评价[J].资源科学,2022,44(2):299-308.
[Feng J N, Liu R J, Pu L J, et al. Suitability evaluation of territorial spatial development from the perspective of land-sea coordination: A case study of Nantong City, China[J]. Resources Science, 2022, 44(2): 299-308.] DOI: 10.18402/resci.2022.02.07

基于陆海统筹的南通市国土空间开发适宜性评价

冯佳凝^{1,2},刘荣娟^{1,2},濮励杰^{1,2},郗璐^{1,2},朱明^{1,2}

(1. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210023;

2. 自然资源部海岸带开发与保护重点实验室, 南京 210023)

摘要:以陆海统筹视角评价国土空间开发适宜性对于促进海洋资源合理利用及海洋经济可持续发展具有重要意义。本文以江苏省南通市为例,建立陆海一体的开发适宜性评价分类方案;基于短板效应,构建并计算两级开发适宜性评价体系;基于长板效应,叠置二级评价得分,获得一级开发适宜性评价结果。结论表明:①叠置二级评价结果后,海域建设适宜及农业适宜结果得到修正,总体二者高适宜区及低适宜区未发生明显变化,一般及较高适宜区变化较多。②短板效应理论确保了刚性管控线划定的区域适宜性得分不变,从而落实底线区域优先保护原则;长板效应对一级开发适宜性评价结果中一般适宜区与较高适宜区影响明显;③城镇、农业及生态空间面积分别占研究区总面积的23.17%、58.56%及18.27%,城镇空间形成3个陆海联动核心及2个内陆城市组团,农业空间集聚效应显著,生态空间成网状发展。构建二级开发适宜性评价体系,能够进一步厘清陆海可开发模式,贴近区域实际情况,提高3类空间划定精准度。

关键词:国土空间;适宜性评价;陆海统筹;评价体系分类;陆海交互区;协调;南通市

DOI: 10.18402/resci.2022.02.07

1 引言

国土空间开发适宜性评价是指导空间规划的基础工作,也是空间格局优化的重要依据^[1,2],2020年国家自然资源部联合多单位发布《资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价技术指南(试行)》^[3],用于统筹布局城镇、农业和生态3类功能空间^[2-5],以缓和区域空间发展失衡,空间开发与资源条件不匹配等问题^[6]。现有国土空间适宜性评价研究范围广阔,涵盖平原、山地、城镇及沿海地带等^[6],但沿海适宜性评价研究仍存在“重陆域,轻海域”的问题^[6,7],无法满足新时代“坚持陆海统筹,建设海洋强国”的国家战略要求。

陆海统筹是以自然资源条件为基础,统一筹划经济与生态文明建设的海洋发展战略^[8],在地理、空间规划及生态学领域受到广泛关注。当前陆海统

筹相关的研究成果多侧重战略与规划编制^[7-11]、生态与环境监测^[12,13]及陆海统筹发展水平研究^[14]等,对适宜性评价研究较少。但是伴随海洋经济的蓬勃发展,滨海湿地萎缩及生态破坏等问题日益突出^[10],亟需统筹谋划陆海空间资源,合理规划开发适宜程度,促进沿海资源合理利用。以往沿海适宜性评价研究中,也有学者意识到海陆资源基础与开发需求存在差异的问题,并提出了两类解决思路:①在陆域评价体系中增加海域评价指标^[6,15];②对海、陆单独开展适宜性评价工作^[16,17],但“简单的评价指标叠加”难以满足科学性的要求,而“割裂陆海评价体系”又仍会导致后续海、陆系统的分管而制的问题^[6,7]。事实上,海陆系统虽然存在部分开发需求的矛盾,需单独建立指标体系进行评价^[16,18],但大部分开发需求仍具备一致性,可使用统一的评价体系。

收稿日期:2021-03-18;修订日期:2021-04-28

基金项目:国家自然科学基金项目(41230751;41871083);江苏省海洋科技创新专项(HY2018-3)。

作者简介:冯佳凝,女,江苏无锡人,硕士研究生,主要研究方向为土地利用与规划。E-mail: Mg1827002@smail.nju.edu.cn

通讯作者:濮励杰,男,江苏苏州人,博士生导师,主要研究方向为土地利用与生态安全。E-mail: ljpu@nju.edu.cn

另外,针对不同开发需求开展的适宜性评价与双评价指南中“城镇、农业和生态”3类本底评价的对接,有利于海、陆相关部门共同开展空间划分与管制工作。故构建陆海一体化的开发适宜性评价体系,一是要厘清海、陆系统开发需求的矛盾性与同一性,二是要将细化的可开发功能评价与城镇、农业和生态3类评价相匹配,据此构建陆海一体的开发适宜性评价分类方案。

南通市海洋经济发达,海岸带资源开发潜力大,伴随《江苏沿海地区国土空间规划(2015—2030年)》的编制与优江拓海战略的大力实施,海洋经济发展逐步成熟,但陆海空间格局失衡、海洋资源未有效利用等问题也逐步凸显^[19],厘清陆海统筹政策下南通市开发适宜性评价方法尤为迫切。本文以江苏省南通市为例,试图分析该市资源基础与政策背景,统筹建立陆海一体的开发适宜性评价分类方案与评价体系,丰富陆海统筹及空间开发适宜性评价理论研究。

2 研究区域及数据来源

2.1 研究区概况

南通市地处江苏省东南部(120°12'E—121°55'E, 31°41'N—32°43'N),下辖三区三市一县,位于中国沿海与长江经济带“T”型交汇点和长江三角洲洲头,是江苏省的出海门户和国家沿海大通道的重要枢纽。研究区总面积为 $10.41 \times 10^3 \text{ km}^2$,其中陆域范围由江苏省国土资源厅地籍数据库的基础行政数据界定,面积为 $8.51 \times 10^3 \text{ km}^2$;海域范围及其面积由《2015—2030年江苏省国土空间规划》获取,为近50年滩涂最大出露范围(图1),共 $1.90 \times 10^3 \text{ km}^2$,海岸线总长206 km。南通市水热同季,地势低平,土壤肥沃,适种范围广。海域可用滩涂及辐射沙洲广阔,古河道及潮流通道众多,淡水与渔业资源丰富,为农业种植、海港选址及养殖捕捞提供了有利条件。伴随南通沿海开发战略的深入推进,陆海统筹发展将成为其经济增长新趋势。

2.2 数据来源

研究区划源自中国行政区划矢量数据及2018年江苏省滩涂围垦现状和规划图数据。其余主要数据及来源包括:①基础要素数据:2018年土地利用遥感监测矢量数据源于中国科学院资源环境数据云平台(<http://www.resdc.cn/>),用海类型数据

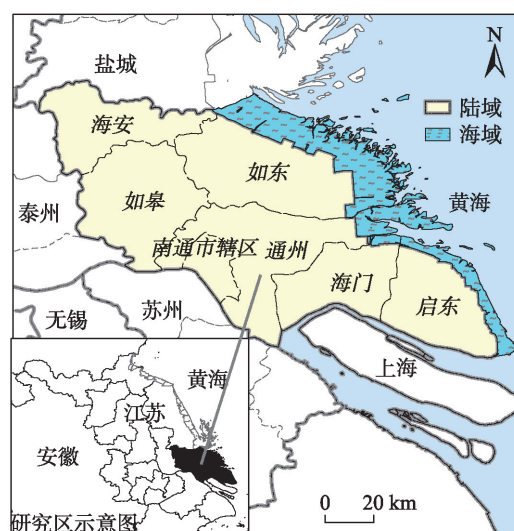


图1 研究区地理区位

Figure 1 Location of the study area

源于《江苏省海洋功能区划(2011—2020年)》,交通类数据源于《2018年江苏省综合交通网络规划图》;②规划类数据:生态红线数据源于《江苏省生态红线规划》,海岸线空间数据源于《江苏省滩涂围垦现状和规划》;③社会经济数据:省市资源与经济数据采用2018年《江苏省统计年鉴》;④海洋类数据:海洋规划数据源于《江苏省海洋功能区划(2011—2020年)》及《江苏省海洋主体功能区划》,海洋生态数据源于2018年《中国海洋环境质量公报》,其余海岸带资源数据采用美国NOAA遥感数据(maps.ngdc.noaa.gov)及研究区文献数据^[16,20,21];⑤其他数据:土壤质量数据源于ISRIC世界土壤数据中心。对规划及统计类数据进行栅格化和数字化处理,统一转化为 $150 \text{ m} \times 150 \text{ m}$ 的栅格,投影统一为WGS-1984坐标系,以开展适宜性评价。

3 研究方法

本文以陆海统筹为基本原则,设定陆海开发适宜性评价分类方案,构建并计算二级开发适宜性评价体系,叠置分析二级评价得分,获得一级开发适宜性评价结果。

3.1 陆海一体的开发适宜性评价统筹分类方案

为解决海、陆开发需求的冲突,本文对开发适宜性评价进行分类处理。由于适宜性评价用于指导国土空间类型划分^[1-3],故在设定陆海一体的开发适宜性评价分类方案前,首先需厘清陆海空间统筹分类方法。

2022年2月

依据以往研究的国土空间分区思路^[7,8],本文同样将陆海空间分为两类区划(表1),其中,一类区划借鉴双评价指南中的“三区三线”空间类型划分准则,二类海域区划参考《江苏省海洋功能区划(2011—2020年)》,二类陆域区划参考相关文献^[7]。

结合陆海空间统筹分类方案及南通市资源基础与政策背景,统筹制定陆海开发适宜性评价分类方案(表2)。其中,一级评价对接一类空间区划,二级评价对接二类空间区划。

参考一类区划方案,一级开发适宜性评价可分为建设、农业、生态适宜性评价3类。

根据《江苏省海洋功能区划(2011—2020年)》^[22],南通沿海涵盖港口航运、工业与城镇、农渔业、旅游休闲娱乐、海洋保护及特殊利用功能区6类用海类型,在此基础上结合南通市资源条件与海洋政策背景,选择海域二级开发适宜性评价类型。南通沿海滩涂广阔,丰富的淡水资源和良好的地势条件使农业种植成为滩涂利用的重要方式之一^[16],辐射沙洲附近丰富的渔业资源使养殖捕捞业初具规模^[16,23],众多潮流通道为海港选址提供有利条件^[23]。同时,伴随近年南通“优江拓海、江海联动”战略的深入推进,沿海城镇化发展诉求凸显,而江苏省海洋生态文明建设的大力实施也迫使滩涂利用方式的转型。据此,本文选择城镇与工业开发、港口开发、农业种植、渔业养殖、旅游与生态保护适宜性评价作为南通市海域二级开发适宜性评价类型。考虑到陆域实际空间利用情况,以及本文研究重点为海域

部分,陆域二级开发适宜性仅选择城镇与工业、农业种植、旅游与生态保护适宜性3类进行评价。

逐一匹配一级评价与二级评价,并开展后续计算。

3.2 陆海一体的二级开发适宜性评价体系构建

3.2.1 统筹评价体系

相关研究^[2,4-6,24]表明,沿海适宜性评价需要考虑灾害、土地、水、生态,海洋资源等自然要素及区位优势资源等社会要素的综合影响,根据《江苏海洋环境公报》等资料,近年南通市无明显灾害限制,因此本文从土地资源、水资源、生态环境、区位优势与海洋资源5个角度出发构建陆海一体开发适宜性评价指标体系。依据“求同存异”基本原则,对海、陆相同的二级评价内容,即城镇与工业、农业种植、旅游与生态保护3个适宜性评价指数,采取统一的评价指标体系;对海域地区特有的二级评价内容,即港口开发和渔业养殖适宜性评价指数,则单独建立指标进行评价,具体指标体系如表3所示。

3.2.2 统筹评价指标

参照相关文献^[6,24],依据短板效应理论,将适宜性评价指标分为限制性、约束性与适宜性3类。

(1)限制性指标的遴选与赋值。参考《江苏省生态红线规划》及《江苏省基本农田保护条例》,选择耕地重要性与生态重要性指标为陆域限制性管控指标,参考《江苏省海洋主体功能区划》,提取南通市禁止开发区范围(启东北支长江口湿地省级自然保护区)为海域限制性管控指标。所有限制指标

表1 陆海空间统筹分类方案
Table 1 Classification of land-sea space

区划级别	区划类型		
一类区划	①城镇空间	②农业空间	③生态空间
二类区划			
海域	①工业与城镇用海区、港口航运用海区、矿产与能源用海区、特殊利用用海区	②农渔业生产区	③旅游休闲娱乐区、海洋保护区、保留区
陆域	①城镇建设区、工矿生产区、交通物流区、特殊利用区	②农耕生产区	③生态旅游休闲区、生态保护区、未利用区

表2 陆海开发适宜性评价统筹分类方案
Table 2 Classification of land-sea spatial development suitability evaluation

评价级别	评价类型		
一级开发适宜性评价	①建设适宜性评价	②农业适宜性评价	③生态适宜性评价
二级开发适宜性评价			
海域	①城镇与工业开发、港口开发适宜性	②农业种植、渔业养殖适宜性	③旅游与生态保护适宜性
陆域	①城镇与工业开发适宜性	②农业种植适宜性	③旅游与生态保护适宜性

表3 二级开发适宜性评价体系

Table 3 Indicator system of secondary suitability evaluation in the study area

指标维度	指标属性	指标因子	城镇与工业开发 (陆海同一体系)	农业种植 (陆海同一体系)	旅游与生态保护 (陆海同一体系)	渔业养殖 (海域独立体系)	港口开发 (海域独立体系)
土地资源	限制性	耕地重要性	√	√	√	√	√
	约束性	土地功能适宜性(表4、表5)	√	√	√	√	√
	适宜性	土壤pH		√			
	适宜性	土壤有机质		√			
	适宜性	人均可利用土地资源/(km ² /人)	√				
水资源	适宜性	淡水资源邻近性	√	√			√
	适宜性	人均可利用水资源/(m ³ /人)	√				
生态资源	限制性	生态重要性	√	√	√	√	√
	适宜性	景观邻近性			√		
区位优势	适宜性	人均GDP/(元/人)	√				√
	适宜性	交通可达性	√				√
	适宜性	村庄邻近性		√		√	
海洋资源	限制性	是否禁止开发区	√	√	√	√	√
	适宜性	近港水深/m					√
	适宜性	潮差/m					√
	适宜性	沿海水质			√	√	√
	适宜性	海岸线邻近性					√

赋予0与1两类分值。

(2)约束性指标的遴选与赋值。参考已有研究^[6,25],约束性指标选择土地功能适宜性为评价基础,并构建土地功能适宜程度表(表4、表5),参考8类土地利用类型评估陆域二级开发适宜程度,参考《江苏省海洋功能区划(2011—2020年)》提取南通6类用海类型评估海域二级开发适宜程度,并赋予6种分值:0.0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0。

(3)适宜性指标的遴选与赋值。基于科学性、可操作性原则遴选适宜性指标,从城镇和工业开发

适宜性视角考虑,选择人均可利用土地资源、淡水资源邻近性、人均可利用水资源、人均GDP及交通可达性作为影响产业与城镇建设的适宜指标^[4-6]。基于农业种植适宜性视角,土壤条件(pH、有机质)、淡水资源邻近性与村庄邻近性^[4,26]是影响农业种植发展的适宜前提。陆域旅游与生态保护适宜性以生态红线划定范围为重要生态保护区,叠加了景观邻近性^[16,27],在上述基础上增加沿海水质为海域生态适宜性评价指标。渔业养殖适宜性方面,着重考虑沿海水质条件及村庄邻近性。港口开发则需考虑淡水资源邻近性、人均GDP、交通可达性、进港水深、潮差、沿海水质和海岸线邻近性等^[16-18]。所有适宜性指标赋予5种分值:0.2、0.4、0.6、0.8、1.0。赋值方法如下:人均可利用土地资源、淡水资源邻近性、人均可利用水资源、景观邻近性、人均GDP、村庄邻近性、海岸线邻近性7种指标采用缓冲区分析与自然断点法;交通可达性采用分析计算法;土壤pH和有机质参考《农用地质量分等规程》;沿海水质参考《2018中国海洋生态环境状况公报》;近港水深及潮差条件参考过往文献^[16,20,21]赋值。

将限制性与约束性指标得分分为0的栅格单元直

表4 陆域土地功能适宜分数表

Table 4 Suitability scores of land use types for different development zones on the land

土地利用类型	城镇与工业 开发	农业种植	旅游与生态 保护
耕地	0.8	1.0	0.2
园地	0.6	0.8	0.8
林地	0.2	0.4	1.0
牧草地	0.4	0.6	0.6
居民点和工矿用地	1.0	0.2	0.0
交通用地	1.0	0.0	0.0
水域	0.0	0.0	1.0
未利用地	0.4	0.6	0.4

2022年2月

表5 海域土地功能适宜分数表

Table 5 Suitability scores of land use types for different marine zones

用海类型	城镇与工业开发	农业种植	旅游与生态保护	渔业养殖	港口开发
农渔业区	0.6	1.0	0.6	1.0	0.4
港口航运区	0.8	0.0	0.2	0.2	1.0
工业与城镇用海区	1.0	0.4	0.2	0.4	0.8
旅游休闲娱乐区	0.2	0.8	1.0	0.8	0.0
海洋保护区	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
特殊利用区	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

接列为不适宜区,在此基础上,利用GIS空间分析法将上述各指标图层进行多要素空间叠置^[6],得到二级开发适宜性评价结果。

3.3 陆海一体的一级开发适宜性评价计算

依据长板效应理论,根据公式叠加对比各栅格单元二级评价指数,得到建设、农业和生态3类一级适宜性评价分数。

$$X = \max(x_1, \dots, x_n)$$

式中: X 指栅格单元一级开发适宜性分数, x_n 指栅格单元二级开发适宜性分数。

采用指数聚类法^[16,17],以3类一级开发评价结果为轴建立判定矩阵,初判适宜分区分布。遵循“不

占生态红线”“少占永久基本农田”及“集中集聚”原则对冲突单元进行校核与调整,得到陆海一体化适宜性分区结果。

4 结果与分析

4.1 二级开发适宜性评价结果

依据上述评价指标体系和计算方法,分别得到城镇与工业开发、农业种植、旅游与生态保护、渔业养殖及港口开发适宜性指数,利用ArcGIS中的标准差分级法依次划分上述5类适宜性评价得分,得到二级开发适宜性评价等级(图2),由低至高依次为不适宜、较低适宜、一般适宜、较高适宜以及高适宜5个等级。

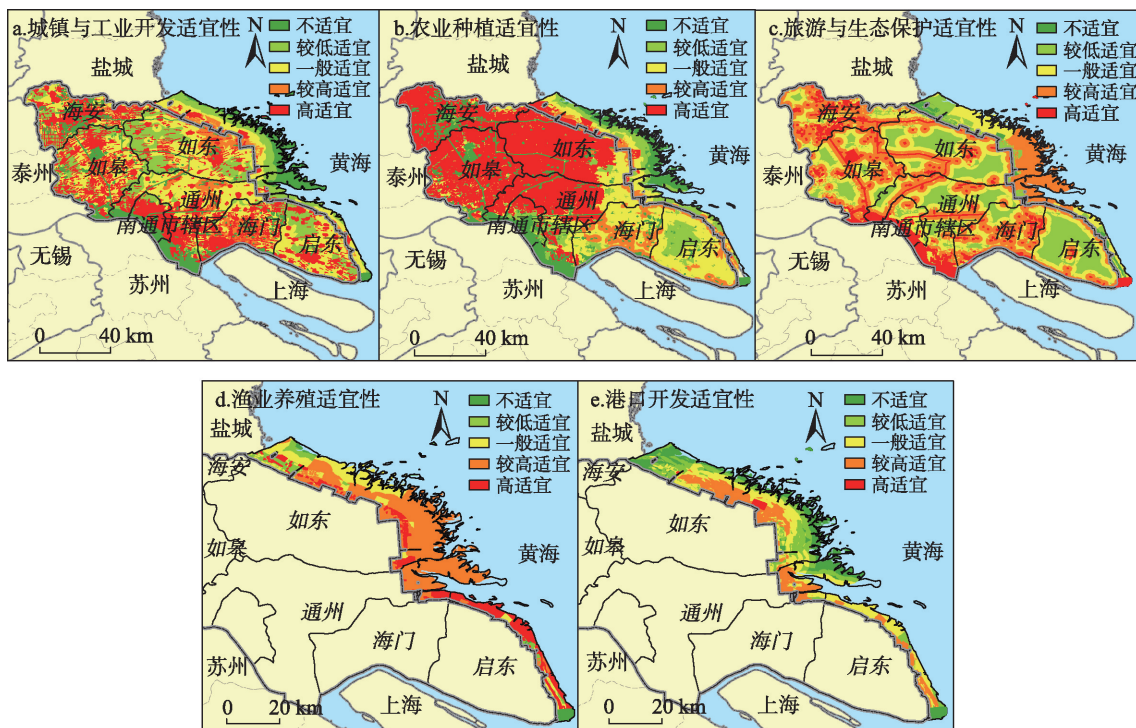


图2 二级开发适宜性评价结果

Figure 2 The results of secondary suitability evaluation

城镇与工业开发适宜性空间分异明显(图2a),适宜建设区以现状城镇与农村居民点分布区为主,前者在研究区内形成“南通市—通州—海门”的团状结构及“海安—如皋”“如东沿海”的片状结构,集聚特征明显,后者以小斑点状分布全境;农业种植适宜空间分布情况在南通市西北部及东南部具有明显差异(图2b),西北部的海安、如皋、如东、通州北及海域靠近陆地一侧,淡水供应充裕,且土壤多为壤土与黏土,优质耕地集中,非常适宜开展农业种植;而东南部的启东、海门及通州南多为中低产田改造区,农业种植适宜性一般;旅游与生态保护适宜评价结果呈现明显的网状结构(图2c),较高及高适宜等级区以东西方向的栟茶运河、如泰运河、通吕运河及北支长江为横轴,以南北方向的如海运河、马丰河,新江海河及如东东南岸海岸带为纵轴,以区县各风景名胜为碎片节点,形成贯通全境的生态适宜网络;渔业养殖适宜性得分总体较高(图2d),研究区海域水质优良,如东中部、东南部沿海及通州、海门、启东沿海水质以Ⅱ、Ⅲ类为主,且沿线分布着村庄,交通相对便利,适宜发展渔业;港口

开发较高适宜等级区以条带状分布于沿海近陆地一侧(图2e),尤其是如东东南部掘坎河及通州湾附近,岸线集中,交通便捷,适宜发展临港产业。

4.2 一级开发适宜性评价结果

依据前文表2及公式,在ArcGIS中叠加同类别的二级开发适宜性评价得分图层,选择各栅格二级评价指数最高分为该类别对应的一级评价最终得分,据此得到建设、农业及生态适宜3类一级开发适宜性评价指数,应用ArcGIS标准差分析法将其划分为不适宜、较低适宜、一般适宜、较高适宜及高适宜5个等级(图3)。

对比图2与图3,由于陆域建设适宜性、陆域农业适宜性及陆海生态适宜性这3类一级评价下划分的二级评价类别单一(表2),且评价体系相同(表5),故陆域建设适宜性结果(图2a与图3a陆域范围)、陆域农业适宜性结果(图2b与图3b陆域范围)和陆海生态适宜性结果(图2c与图3c)相同,仅在海域建设适宜性(图3d)及海域农业适宜性(图3e)结果上出现差别。

总体上,海域建设适宜性结果(图3d)以沿海城

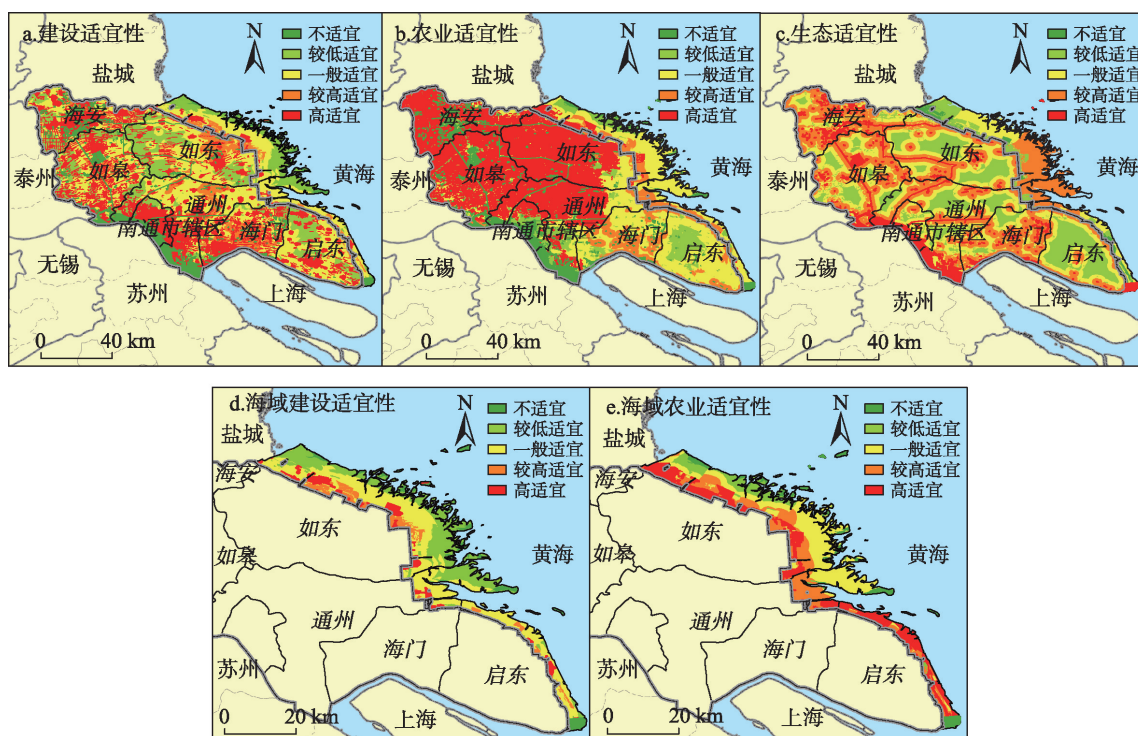


图3 一级开发适宜性评价结果

Figure 3 The results of primary suitability evaluation

2022年2月

镇、农村集聚点为团状高适宜核心,以“洋口港—吕四港—通州湾港”为点状高适宜核心向周边递减;海域农业适宜性结果(图3e)呈现明显的带状分层结构,沿海靠陆地一侧多为较高及高适宜等级区,并逐步向靠海一侧递减为较低适宜等级区。纵向对比海域建设适宜结果及其下属的城镇与工业开发(图2a)、港口开发(图2e)两类二级评价结果,总体建设高适宜等级区不变,其余分区分布则更接近于港口开发适宜结果,但在如东北部靠近陆地一侧,由于水深为0~5 m,不适合船舶停靠,故为港口较低及不适宜开发区(图2e);而此地受盐城东台的经济与交通辐射影响,城镇与工业开发适宜性高(图2a),经综合叠加计算后,该地调整为一般及较高建设适宜等级(图3d)。对比海域农业适宜结果及其下属的农业种植(图2b)、渔业养殖(图2d)两类二级评价结果,农业高适宜等级区受限制性约束性指标因子的影响,未发生明显变化,但一般及较高适宜等级区空间变化明显,主要表现在“如东北部沿海”及“如东东南沿海—通州沿海—启东北侧沿海”两带,前者靠陆地一侧土壤肥沃,农业种植条件好(图2b),但水质随季节变化在Ⅲ及劣Ⅳ类间浮动,不适宜发展渔业(图2d),叠加调整这两类二级评价结果,该区被划分为农业发展较高及高适宜等级(图3e);后者由于地处遥望港与如泰运河交汇处,水资源丰富,且沿海皆为Ⅱ、Ⅲ类水质,渔业养殖适宜性强(图2d),但受土壤盐碱化,多为农业种植较低适宜等级(图2b),经叠加调整后,“如东东南沿海—通州沿海”被划分为农业发展一般适宜等级,启东北侧沿海被划分为农业发展较高及高适宜等级(图3e)。

4.3 适宜性评价的集成分析

基于一级开发适宜性评价结果,将建设适宜性好,农业和生态适宜性差的栅格单元划分为城镇开发适宜空间,同理划分农业生产适宜空间与生态发展适宜空间,并以生态>农业>建设的排序调整冲突单元,得到城镇、农业与生态3类适宜空间集成结果(图4)。

城镇开发适宜空间面积约为 $2.41 \times 10^3 \text{ km}^2$,占陆海总面积23.17%,空间上形成启东“汇龙—吕四港”、通州“恒心—通州湾岗”及如东“掘港—洋口港”3个陆海联动核心,及“南通—通州南—海门西”

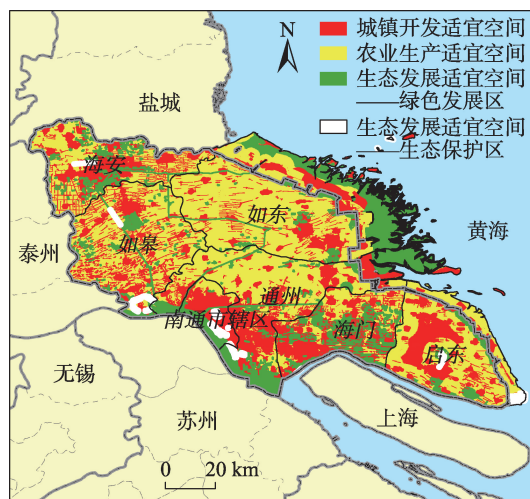


图4 适宜空间划分

Figure 4 The classification of suitability space

“海安—如城”2个内陆城市组团。陆海联动核心需强化城镇与沿海产业的发展互动,带动临港城镇、工业及港口建设。农业生产适宜空间面积约为 $6.09 \times 10^3 \text{ km}^2$,占陆海总面积的58.55%,该空间集中连片。在确保保护基本农田的前提下,陆域需强化改造东南部中低产田,提升耕地质量;海域可发挥如东北部滩涂资源优势,缓解陆域耕地资源缺乏的压力,如启东沿海应鼓励发展生态渔业,实现经济与生态效益的统一。生态发展适宜空间面积约为 $1.90 \times 10^3 \text{ km}^2$,占陆海总面积的18.27%,该空间成网状发展,并在南通南长江洲带及如东滩涂带形成两翼对称结构。生态发展适宜空间需划分为生态保护区及生态绿色发展区:保护区以生态红线及海洋禁止开发区为界限,严格控制各类开发活动;绿色发展区适度开发陆域风景名胜、绿水通道及沿海滩涂空间,开展生态旅游。

5 结论与讨论

5.1 结论

本文以南通市资源条件与政策背景为基础,以“陆海统筹”为原则,以解决陆海适宜性评价体系冲突、开发保护优先顺序冲突为着力点,制定陆海一体化评价方法,即统筹评价分类方案,统筹构建评价体系,得到南通市适宜性评价结果。主要结论如下:

(1)南通市城镇与工业开发高适宜区以现状城镇与农村居民点为主,农业种植高适宜区集中于西

北部的海安、如皋、如东、通州北及海域靠近陆地一侧,旅游与生态保护适宜评价结果呈现明显的网状结构,海域渔业养殖适宜性得分总体较高,海域港口开发较高适宜区以条带状分布于沿海近陆地一侧。

(2)叠置二级评价结果后,海域建设适宜及农业适宜结果得到修正。总体二者高适宜区及低适宜区未发生明显变化,一般及较高适宜区变化较多。如东北部由港口开发较低适宜区及城镇与工业开发高适宜区调整为一般及较高适宜建设区,由渔业养殖较低适宜区及农业种植高适宜区调整为较高及高适宜农业区,“如东东南沿海—通州沿海—启东北侧”一带由渔业养殖较高适宜区及农业种植较低适宜区调整为一般、较高及高适宜农业区。

(3)划分的城镇、农业及生态空间面积依次为 $2.41 \times 10^3 \text{ km}^2$ 、 $6.09 \times 10^3 \text{ km}^2$ 及 $1.90 \times 10^3 \text{ km}^2$,分别占研究区总面积的23.17%、58.56%及18.27%。城镇空间形成3个陆海联动核心及2个内陆城市组团;农业空间集中连片,集聚效应显著;生态空间成网状发展,并在南通南部长江洲地带及如东沿海湿地形成对称的两翼结构。

5.2 讨论

当前海、陆系统评价体系存在冲突的背后是海、陆开发需求的交叠与矛盾。建立陆海统筹视角下的国土空间适宜性评价体系,首先需清晰界定两域可开发功能,并统一评价类别。在此基础上,还应认识到陆海评价体系割裂的重要原因为“陆域重开发,海域重保护”^[7],而该矛盾产生的原因较为复杂,相关规划部门空间治理逻辑的冲突是其重要影响因素。因此,构建陆海一体的适宜性评价体系,首先需统一两域评价框架:①统一海陆评价类别,即以陆海国土空间区划分类方案为抓手,建立陆海统筹的国土空间规划评价分类方案,用以支撑后续国土空间用途管制实施工作;②统一海陆空间开发保护评价顺序,即在指标因子遴选,确定空间开发限制因素,并在此基础上合理选择其他可开发单元的适宜性评价指标,从而统一开发保护优先顺序,减少后续空间治理过程中各部门间的摩擦。

统筹构建海陆评价类别后,海陆开发需求存在交叠的空间单元,其适宜性结果得到修正。例如,本文中启东沿海渔业养殖适宜性高(图2d),但农业

种植适宜指数较低(图2b),若使用传统农业适宜性评价体系,该区则会出现农业适宜得分低而被划入城镇或生态空间的结果。本文通过设定二级开发适宜性评价,叠置启东渔业养殖及农业种植适宜结果,并选择高适宜指数,最终该地区被纳入农业空间(图4)。因此,构建二级开发适宜性评价体系能够进一步厘清陆海可开发模式,贴近区域社会经济实际发展情况,提高城镇、农业与生态3区划定的精准度。同时,本文利用短板效应,统筹海陆空间开发保护评价顺序,试图提高研究可行性。在短板效应理论指导下,生态红线及海域禁止开发区被框定为生态保护空间,永久基本农田被框定为农业开发适宜空间,从而保证此类刚性管控线划定的区域在叠加二级评价结果后,适宜性得分不会出现变化。

本文仍存在不足,如陆域二级开发适宜性评价设定过少,对后续综合适宜空间分布结果或多或少产生影响;同时,适宜性评价集成结果仅为城镇开发、农业生产及生态保护3类主体功能显著的集成分析结果,并非精准的城镇—农业—生态空间划分。后续需细化陆域二级评价划分,并在集成分析中综合考虑研究区空间结构、战略格局与目标参数等,以提高研究结果的精准性。

参考文献(References):

- [1] 石龙宇,冯运双,高莉洁.长三角县域国土空间开发适宜性评价方法研究:以长兴县为例[J].生态学报,2020,40(18):6495-6504. [Shi L Y, Feng Y S, Gao L J. The method of territorial spatial development suitability evaluation in the Yangtze River Delta: A case study of Changxing County[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(18): 6495-6504.]
- [2] 王亚飞,樊杰,周侃.基于“双评价”集成的国土空间地域功能优化分区[J].地理研究,2019,38(10):2415-2429. [Wang Y F, Fan J, Zhou K. Territorial function optimization regionalization based on the integration of “Double Evaluation” [J]. Geographical Research, 2019, 38(10): 2415-2429.]
- [3] 自然资源部办公厅.资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价技术指南(试行)[S/OL].(2020-02-19)[2021-03-01].http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200121_2498502.html. [Ministry of Natural Resources. Technical Guide for Evaluation of Resources and Environment Carrying Capacity and Land Spatial Development Suitability (Trial)[S/OL]. (2020-02-19) [2021-03-01]. http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200121_2498502.html.]
- [4] 赵筱青,李思楠,普军伟,等.云南喀斯特山区国土空间优化分区与管控[J].自然资源学报,2020,35(10):2339-2357. [Zhao X

2022年2月

- Q, Li S N, Pu J W, et al. Optimal partitions and control of territorial space in Karst mountainous areas of Yunnan Province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(10): 2339–2357.]
- [5] 吴艳娟, 杨艳昭, 杨玲, 等. 基于“三生空间”的城市国土空间开发建设适宜性评价: 以宁波市为例[J]. *资源科学*, 2016, 38(11): 2072–2081. [Wu Y J, Yang Y Z, Yang L, et al. Land spatial development and suitability for city construction based on ecological-living-industrial space: Take Ningbo City as an example[J]. *Resources Science*, 2016, 38(11): 2072–2081.]
- [6] 纪学朋, 黄贤金, 陈逸, 等. 基于陆海统筹视角的国土空间开发建设适宜性评价: 以辽宁省为例[J]. *自然资源学报*, 2019, 34(3): 451–463. [Ji X P, Huang X J, Chen Y, et al. Comprehensive suitability evaluation of spatial development and construction land in the perspective of land-ocean co-ordination: A case study of Liaoning Province, China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(3): 451–463.]
- [7] 李修颀, 林坚, 楚建群, 等. 国土空间规划的陆海统筹方法探析[J]. *中国土地科学*, 2020, 34(5): 60–68. [Li X J, Lin J, Chu J Q, et al. Research on land-ocean planning method in territorial space planning[J]. *China Land Science*, 2020, 34(5): 60–68.]
- [8] 许学工, 梁泽, 周鑫. 黄河三角洲陆海统筹可持续发展探讨[J]. *资源科学*, 2020, 42(3): 424–432. [Xu X G, Liang Z, Zhou X. Land and sea coordination for sustainable development in the Yellow River Delta[J]. *Resources Science*, 2020, 42(3): 424–432.]
- [9] 李彦平, 刘大海, 罗添. 国土空间规划中陆海统筹的内在逻辑和深化方向: 基于复合系统论视角[J]. *地理研究*, 2021, 40(7): 1902–1916. [Li Y P, Liu D H, Luo T. The internal logic and developing direction of land-sea coordination in land space planning: From the perspective of complex system theory[J]. *Geographical Research*, 2021, 40(7): 1902–1916.]
- [10] 夏晖, 郑轲予, 苏诚, 等. 国土空间规划体系下的青岛陆海统筹规划编制探讨[J]. *规划师*, 2021, 37(S2): 56–61. [Xia H, Zheng K Y, Su C, et al. Land-sea integration planning in the context of national territory spatial planning system, Qingdao[J]. *Planners*, 2021, 37(S2): 56–61.]
- [11] 李孝娟, 傅文辰, 繆迪优, 等. 陆海统筹指导下的深圳海岸带规划探索[J]. *规划师*, 2019, 35(7): 18–24. [Li X J, Fu W C, Miao D Y, et al. Shenzhen coastal zone planning under land-sea integration guidance[J]. *Planners*, 2019, 35(7): 18–24.]
- [12] 余东, 朱容娟, 梁斌, 等. 基于陆海统筹的渤海山东省近岸海域总氮总量控制研究[J]. *海洋环境科学*, 2021, 40(6): 832–837. [Yu D, Zhu R J, Liang B, et al. Study on total nitrogen quantity control in Shandong Province coastal area of Bohai Sea based on land and sea coordination[J]. *Marine Environmental Science*, 2021, 40(6): 832–837.]
- [13] 王飞飞, 钱灵颖, 丁升, 等. 基于陆海统筹的九龙江-厦门湾海岸生态过渡带综合监测体系构建[J]. *生态学报*, 2021, 41(11): 4271–4277. [Wang F F, Qian L Y, Ding S, et al. Constructing integrated monitoring system in Jiulong River-Xiamen Bay coastal complex ecotone based on land and sea coordination[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(11): 4271–4277.]
- [14] 杨羽颀, 孙才志. 环渤海地区陆海统筹度评价与时空差异分析[J]. *资源科学*, 2014, 36(4): 691–701. [Yang Y D, Sun C Z. Assessment of land-sea coordination in the Bohai Sea Ring Area and spatial-temporal differences[J]. *Resources Science*, 2014, 36(4): 691–701.]
- [15] 李伟芳, 俞腾, 李加林, 等. 海岸带土地利用适宜性评价: 以杭州湾南岸为例[J]. *地理研究*, 2015, 34(4): 701–710. [Li W F, Yu T, Li J L, et al. Suitability evaluation of land use in coastal zones: A case study in southern Hangzhou Bay[J]. *Geographical Research*, 2015, 34(4): 701–710.]
- [16] 陈诚. 南通海岸带滩涂开发类型选择与空间功能配置研究[J]. *地理科学*, 2017, 37(1): 138–147. [Chen C. Coastal tidal flat development mode choice and spatial configuration of different functional areas in Nantong coastal zones[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(1): 138–147.]
- [17] 陈诚. 沿海岸线资源综合适宜性评价研究: 以宁波市为例[J]. *资源科学*, 2013, 35(5): 950–957. [Chen C. Coastline resources evaluation of coastal Ningbo City[J]. *Resources Science*, 2013, 35(5): 950–957.]
- [18] Li Y, Wei B Q, Suo A N, et al. Spatial and temporal coupling relationships of coastline exploitation and environmental carrying safety in Ningbo, China[J]. *Journal of Coastal Research*, 2020, 36(6): 1292–1301.
- [19] 熊国平, 沈天意. 陆海统筹国土空间规划研究进展[J]. *城乡规划*, 2021, (4): 21–25. [Xiong G P, Shen T Y. Advances on land-sea coordination territorial spatial planning research[J]. *Urban & Rural Planning*, 2021, (4): 21–25.]
- [20] 吴德力, 沈永明, 方仁建. 江苏中部海岸潮沟的形态变化特征[J]. *地理学报*, 2013, 68(7): 955–965. [Wu D L, Shen Y M, Fang R J. A morphological analysis of tidal creek network patterns on the central Jiangsu coast[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(7): 955–965.]
- [21] 杨阳, 陈永平. 江苏沿海潮差能和潮流能区域分布研究[J]. *可再生资源*, 2013, 31(1): 76–80. [Yang Y, Chen Y P. Research on regional distribution of tidal wave energy and tidal stream energy in nearshore Jiangsu Province[J]. *Renewable Energy Resources*, 2013, 31(1): 76–80.]
- [22] 原江苏省海洋与渔业局. 江苏省海洋功能区划(2011–2020)[R/OL]. (2013–06–08) [2021–03–01]. <http://zrzy.jiangsu.gov.cn/gtapp/nrglIndex.action?type=2&messageID=6091052>. [Former Jiangsu Ocean and Fishery Bureau. Marine Functional Division of Jiangsu Province(2011–2020)[R/OL]. (2013–06–08) [2021–03–01]. <http://zrzy.jiangsu.gov.cn/gtapp/nrglIndex.action?type=2&messageID=6091052>.]
- [23] 王芳, 朱跃华. 江苏省沿海滩涂资源开发模式及其适宜性评价[J]. *资源科学*, 2009, 31(4): 619–628. [Wang F, Zhu Y H. Development patterns and suitability assessment of tidal flat resources

- in Jiangsu Province[J]. *Resources Science*, 2009, 31(4): 619–628.]
- [24] 姜华, 唐晓华, 杨利亚, 等. 基于土地资源的市县级多要素国土空间开发适宜性评价研究: 以湖北省宜昌市为例[J]. *中国地质*, 2020, 47(6): 1776–1792. [Jiang H, Tang X H, Yang L Y, et al. Suitability evaluation of land space development based on land resources: A case study of Yichang City in Hubei Province[J]. *Geology in China*, 2020, 47(6): 1776–1792.]
- [25] 喻忠磊, 张文新, 梁进社, 等. 国土空间开发建设适宜性评价研究进展[J]. *地理科学进展*, 2015, 34(9): 1107–1122. [Yu Z L, Zhang W X, Liang J S, et al. Progress in evaluating suitability of spatial development and construction land[J]. *Progress in Geography*, 2015, 34 (9): 1107–1122.]
- [26] 黄海潮, 温良友, 孔祥斌, 等. 中国耕地空间格局演化对耕地适宜性的影响及政策启示[J]. *中国土地科学*, 2021, 35(2): 61–70. [Huang H C, Wen L Y, Kong X B, et al. The impact of spatial pattern evolution of cultivated land on cultivated land suitability in China and its policy implication[J]. *China Land Science*, 2021, 35 (2): 61–70.]
- [27] 王静, 翟天林, 赵晓东, 等. 面向可持续城市生态系统管理的国土空间开发适宜性评价: 以烟台市为例[J]. *生态学报*, 2020, 40 (11): 3634–3645. [Wang J, Zhai T L, Zhao X D, et al. Land development suitability evaluation for sustainable urban ecosystem management: Taking Yantai as an example[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(11): 3634–3645.]

Suitability evaluation of territorial spatial development from the perspective of land–sea coordination: A case study of Nantong City, China

FENG Jianing^{1,2}, LIU Rongjuan^{1,2}, PU Lijie^{1,2}, QIE Lu^{1,2}, ZHU Ming^{1,2}

(1. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China;

2. The Key Laboratory of the Coastal Zone Exploitation and Protection, Ministry of Natural Resources, Nanjing 210023, China)

Abstract: Territorial spatial development suitability evaluation from the perspective of land-sea coordination is of great significance for promoting the rational use of marine resources and the sustainable development of marine economy. Taking Nantong City as an example, this study conducted a land-sea suitability evaluation, calculated the secondary suitability based on the short-board-effect theory, and calculated the primary development suitability results by overlaying secondary suitability evaluation result layers. The results show that: (1) In general, the highest suitability zone and lowest suitability zone in the revised marine development suitability and agriculture suitability evaluations showed no obvious changes, but their medium suitability zone and medium-high suitability zone changed dramatically; (2) The short-board-effect theory ensured that the suitability results of the area divided by control lines was unchanged, therefore ensuring controlled regional priority protection, and the long-board-effect theory obviously affected the medium and medium-high suitability zones in primary suitability evaluation results; (3) Urban, agricultural, and ecological spaces accounted for 23.17%, 58.56%, and 18.27% of the study area, respectively; the urban space formed three “land-sea interacting cores” and two “inland city clusters”, the agricultural space showed significant agglomeration effect, and the ecological space presented a network form.

Key words: territorial space; suitability evaluation; land-sea coordination; evaluation system classification; land-sea interaction zone; coordination; Nantong City