

DOI: 10.5846/stxb201911272573

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. 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. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(18): 6495-6504.

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

石龙宇¹, 冯运双^{1,2,3}, 高莉洁^{1,*}

1 中国科学院城市环境研究所 城市环境与健康重点实验室, 厦门 361021

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 福建农林大学 生命科学学院, 福州 350002

摘要:长三角一体化已上升为国家战略,该地区的自然社会经济要素相互关联极为密切,地区间相互影响显著。而作为长三角行政区划的基本单元,县域的可持续发展对于该地区的一体化协调发展具有重要的基础支撑作用。以浙江省长兴县为例,基于用地发展潜力和生态约束研究,构建了一套通用、快速的国土空间开发适宜性评价方法体系,基于空间可达性分析评价县域土地开发潜力,基于最小累积阻力模型评价土地生态约束。利用潜力-约束模型评价长兴县土地开发潜力和生态约束,得出长兴县土地适宜开发建设区域的面积约 358 km²,占全域总面积的 24.6%,呈中部聚集、四周分散的格局。基于研究结果,提出未来发展建议,建立健全相关制度保护耕地,强化国土空间管制保护生态空间,开展生态修复保障生态系统健康,多手段预防自然灾害,以期优化长兴县未来国土空间开发布局,指导县域国土空间规划。

关键词:长三角一体化;国土空间开发适宜性评价;潜力-约束模型;叠加分析;长兴县

The method of territorial spatial development suitability evaluation in the Yangtze River Delta: a case study of Changxing County

SHI Longyu¹, FENG Yunshuang^{1,2,3}, GAO Lijie^{1,*}

1 Key Lab of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Life Sciences College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: The integration of the Yangtze River Delta has become a national strategy. The natural, social and economic factors are closely related and the regional interaction is significant in the Yangtze River Delta. As the basic unit of the administrative division of the Yangtze River Delta, the sustainable development of the county plays an important role in the integration and coordinated development of the region. This study took the Changxing County in Zhejiang Province as an example. Combining the development potential with ecological constraints, a universal index system and evaluation method was constructed for the evaluation of territorial spatial development suitability. The spatial accessibility analysis method was used to evaluate the development potential, and the land of ecological constraint was evaluated based on the minimum cumulative resistance (MCR) model. The suitable land for development in Changxing was identified based on the potential-constraint model, which was 358 km² and covered 24.6% of the total area, mainly distributed as a middle-clustered and around-scattered pattern. Based on the results, some suggestions for the future development were put forward. In order to

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC0704703)

收稿日期:2019-11-27; 网络出版日期:2020-07-12

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ljgao@iue.ac.cn

optimize the layout of territorial spatial development of Changxing in future and guide the territorial spatial plan in county scale, the county needs to establish and improve relevant systems to protect arable land, strengthen territorial space control to protect ecological space, carry out ecological restoration to ensure ecosystem health, and prevent natural disasters by various means.

Key Words: integration of the Yangtze River Delta; territorial spatial development suitability evaluation; potential-constraint model; overlay analysis; Changxing County

国土空间规划是国土空间发展的指南、可持续发展的空间蓝图,是各类开发保护建设活动的基本依据。2019年5月中共中央国务院发布了《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》,提出市县和乡镇国土空间规划侧重实施性,以自然资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价为基础,科学有序统筹布局生态、农业、城镇等功能空间,有利于提高国土空间规划编制的科学性。长江三角洲城市群是中国最大、综合实力最强、联系最为紧密的城市群,有着得天独厚的地理条件与人文优势,在全国的社会经济发展中占有举足轻重的地位。当前,长三角一体化发展已上升为国家战略,一体化进程正式步入“快车道”,长三角地区自然社会经济要素相互关联极为密切,地区间相互影响显著。在此背景下,县域作为长三角行政区划的基本单元,着眼长三角一体化大局,结合地方实际,开展国土空间适宜性评价,指导县级国土空间规划,是县域可持续发展的基础性工作。目前,国土空间适宜性评价还没有形成统一的技术体系,对国土空间规划的指导性不强。

土地适宜性是指一定条件下一定范围内的土地对某种用途的适宜程度^[1-2]。国土空间适宜性源于土地适宜性,国土空间开发适宜性是指由一定地域空间的资源环境承载力、经济发展基础与潜力所决定的、其承载城镇化和工业化发展的适宜程度^[3]。传统的土地适宜性评价指标采用统计数据进行分析,由于统计口径的限制,数据多以行政区为单位,评价结果只能在行政区之间比较^[4-5]。随着空间信息技术的发展,基于地理信息系统(Geography System Information, GIS)的空间数据分析应用广泛,其评价过程和结果可体现为空间上的异质性^[6]。在评价方法方面,相关研究多与GIS相结合,多要素叠置综合分析方法可涵盖多方面评价指标^[7-11],最小累计阻力模型(Minimum Cumulative Resistance, MCR)考虑了空间相互作用过程,是基于景观扩散过程模拟的评价方法^[12-13]。

本文在整合前人研究的基础上,综合多因素垂直叠加和景观水平过程两种角度,应用上述空间叠置分析方法和累计阻力模型,构建潜力-约束模型,从发展潜力和生态约束两方面对长兴县国土空间开发适宜性进行评价,以期为县域尺度的国土空间开发适宜性评价提供新的思路,服务于国土空间规划,优化长江三角洲地区生产、生活、生态空间布局,践行“山水林田湖草”生命共同体理念,促进全国生态文明建设。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

长兴县位于太湖西南岸,介于北纬30°43′—31°11′,东经119°33′—120°06′之间,下辖9镇2乡4街道,其2017年土地利用图如图1所示。长兴县位于长三角经济圈,宁杭生态经济带上,承接杭州都市功能圈,连接江苏、浙江、安徽三省,水陆交通便利,区位优势明显,区位优势带动了长兴县经济的快速发展,伴随着人口增加和城市扩张,建设用地需求不断增加;同时,长兴县域河网密布,依山傍湖,是国家生态县,紧邻环太湖战略生态空间,作为“粮油大县”和“商品粮生产基地县”,是大城市的菜篮子和休闲旅游的后花园,生态系统服务功能十分重要,可开发建设用地受到限制,用地矛盾明显。因此,着眼长三角一体化大局,优化国土空间开发格局,合理配置生态用地与建设用地,是长兴县区域规划中一项重要的基础性工作。

1.2 数据来源

本研究所采用的数据主要包括基于Sentinel-2数据获得的2017年全球土地覆被图(Global land cover

map, FROM-GLC10, based on 10-m resolution data acquired in 2017, 空间分辨率 10 m), 数字高程模型 (ASTER GDEM, 空间分辨率 30 m) 和 NDVI (植被归一化指数, Normalized Difference Vegetation Index) 数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台 (<https://www.gscloud.cn/>), 人口数据来源于政府统计数据, 基于土地覆被图提取研究区的各种土地利用类型, 配准和数字化后生成各类用地专题图。

2 研究方法

2.1 基于空间可达性的用地发展潜力评价方法

用地发展潜力评价是基于地理学第一定律的空间相互作用原理^[14], 通过衡量距影响因子的空间距离远近, 以土地开发潜力为基础, 确定县域土地的开发潜力水平。用 ArcGIS 空间分析中的欧式距离方法 (Euclidean distance), 计算每个像元到最近源的欧氏距离, 也就是根据距增长引擎的平面距离划分不同的等级, 反映土地的空间可达性, 衡量空间上的通达性, 以评价区域空间发展潜力。

用地发展潜力评价从自然环境因子、生态因子和社会经济因子 3 个方面出发, 选取地形、生态服务、建设、交通 4 个指标, 在参照同类研究的基础上^[5,12,15], 综合考虑植被覆盖指数、铁路场站、高速出入口、国道、省道、县道和已有建设用地等因子, 构建用地发展潜力评价指标体系, 如表 1 所示, 进而对不同等级增长引擎的空间可达性进行计算。其中, 由于研究区为县域尺度, 选择了在县域范围变化幅度较大, 且对开发建设活动、居民的生活生产影响较大的地形指标作为自然环境因素主要指标; 植被覆盖信息主要用 NDVI 指数表示, NDVI 作为反映植被覆盖状况的良好指标, 是植物生长状态及植被空间分布密度的最佳指示因子^[16], 植被作为生态系统的“生产者”, 直接或间接地决定生态系统的能量来源, 与其提供的生态服务能力相关, 是表征生态系统质量的综合指标^[17], 被广泛用于初级生产力估算、生态系统质量变化、反映区域生态系统质量等研究中^[18], 该指数数值范围是 $-1 \leq NDVI \leq 1$, 值越大, 表明植被覆盖率越高, 从保护生态用地的角度出发, 生态系统服务功能越高的区域, 越不适宜作为开发建设用地, 开发潜力越小。结合长兴县的实际条件, 确定每个指标的参数如表 2 所示, 将获取的可达性专题图进行空间栅格叠加, 得到研究区综合的发展潜力。

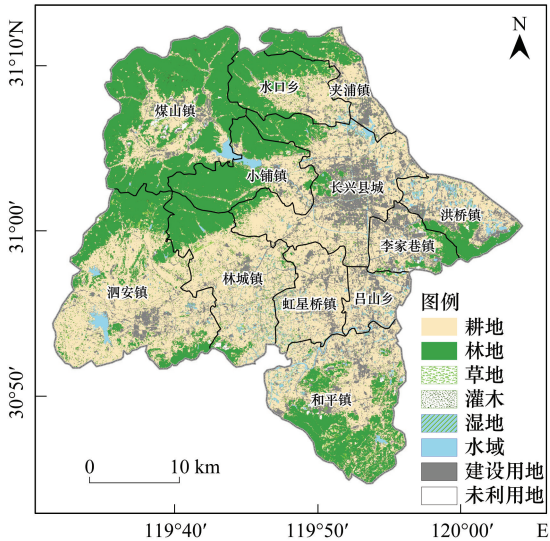


图 1 长兴县 2017 年土地利用图
Fig.1 The land use map of Changxing in 2017

表 1 潜力评价指标表

Table 1 The index of potential evaluation			
系统层 System layer	准则层 Criteria layer	指标层 Index layer	因子层 Factor layer
用地发展潜力 Land development potential	自然环境	地形	坡度
	生态	生态服务	植被覆盖
	社会经济	建设	距已有建设用地
		交通	距铁路场站、高速出入口
			距国道
			距省道
			距县道

2.2 基于最小累积阻力模型的用地生态约束评价方法

生态约束评价是对国土开发空间的生态敏感性进行衡量。为了反映用地的约束性与生态过程的空间相

互作用关系,本文利用最小累积阻力模型^[19-20]构建生态要素(河流、湖泊、湿地、林地和草地等生态用地)累计阻力,最小累积阻力是指从“源”(即以上生态用地)经过不同阻力的景观所耗费的费用或者克服阻力所做的功,反映从目标斑块到最近源斑块的累积费用距离,代表一种加权距离的形式。计算方法如下式:

$$MCR = f\min \sum_{j=n}^{i=m} D_{ij} \times R_i \tag{1}$$

式中,MCR(Minimum Cumulative Resistance)为最小累积阻力值; f 为一个未知的正函数,它表示生态要素敏感性与最小累积阻力的负相关关系; $\min$ 为某景观单元对不同的源取累积阻力最小值; D_{ij} 为源到景观单元*i*的空间距离; R_i 为景观单元*i*对运动过程的阻力系数。

表 2 发展潜力评估参数
Table 2 The evaluation parameters of development potential

因子 Factor	单位 Unit	适宜度 Potential value				
		很适宜 Most suitable 9	比较适宜 More suitable 7	基本适宜 Suitable 5	较不适宜 Less suitable 3	不适宜 Unsuitable 1
坡度 Slope	(°)	<3	3—8	8—15	15—25	>25
植被覆盖 Vegetation coverage		<0.15	0.15—0.53	0.53—0.62	0.62—0.7	>0.79
距建设用地 Distance to construction land	km	<0.2	0.2—0.5	0.5—0.8	0.8—1.5	>1.5
距铁路场站、高速出入口 Distance to railway stations and highway entrances and exits	km	<1	1—2	2—3	3—4	>4
距国道 Distance to the national highway	km	<1	1—2	2—3	3—4	>4
距省道 Distance to the provincial highway	km	<0.5	0.5—1	1—2	2—3	>3
距县道 Distance to county road	km	<0.5	0.5—1	1—1.5	1.5—2	>2

(1)“源”的选取

“源”是指在格局与过程研究中能够促进生态过程发展的景观类型,其内部同质,具有向四周扩张或向“源”本身汇集的能力。此处生态约束评价中将河流、湖泊、湿地、林地、草地等景观类型作为“源”,此类用地具有提供生态系统服务、维持良好的生态环境的作用,且具有较高的空间敏感性,易受到其他环境因子的影响和干扰。

(2)约束因子体系构建

根据已有的研究成果^[3,15,21-22]、区域实际情况和资料的可获取性,采用层次分析法选取约束因子指标,从自然环境因子和社会经济因子角度,选取地形水体、土地利用和人口压力指标,各因子权重(即约束系数)采用专家打分法进行判断,如表 3 所示。

将各约束因子阻力分为不同的等级,并用 9、7、5、3、1 表示,阻力值越高代表约束越大。约束因子阻力值的等级划分对约束面的生成结果具有显著影响,由于受研究区域差异等条件制约,约束因子的等级划分并无统一的标准。因此,在参照同类区域相关研究所采用

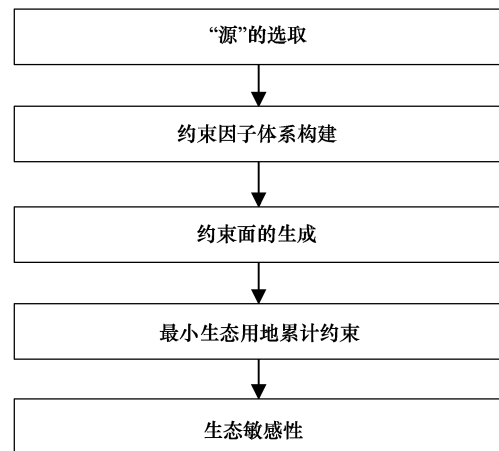


图 2 生态约束分析流程
Fig.2 Analysis process of ecological constraints

的分级标准的基础上,结合长兴县的实际条件,确定约束因子阻力值等级如表 4 所示:

表 3 生态约束指标表
Table 3 The index of ecological constraint

系统层 System layer	准则层 Criteria	指标层 Index layer		因子层 Factor layer	
		指标 Index	权重 Weights	因子 Factor	权重 Weights
生态安全约束 Ecological constraint	自然环境因子	地形水体	0.457	坡度	0.180
				距水体的距离	0.277
	社会经济因子	土地利用	0.272	土地利用	0.272
		人口压力	0.272	人口密度	0.272

表 4 约束因子阻力值等级表
Table 4 Classification of resistance values of constraint factors

约束因子 Constraints factor	单位 Unit	阻力值 Resistance value				
		1	3	5	7	9
坡度 Slope	°	<3	3—8	8—15	15—25	>25
距水体距离 Distance to rivers	m	<200	200—400	400—600	600—1000	>1000
土地利用 Land use type		水体、林地、湿地	草地、农田	灌木	未利用地	建设用地
人口密度 Population density	人/km ²	<200	200—500	500—700	700—900	>900

(3)约束面生成

确定“源”、约束因子体系和阻力值后,利用 ArcGIS 的成本距离模块进行处理,将河流、湖泊、湿地、林地、草地等景观类型作为“源”图层,约束因子作为成本图层,生成约束面。根据各约束面栅格频率分布,栅格的累积频率随着阻力值的增大而增加,但增加的速度并不均匀,而是存在某些拐点。若要跨越这些拐点,需要更苛刻的条件方可达到,因此可将这些拐点的阻力值作为约束分级的划分依据。随着从“源”向外的扩展,生态用地阻力值越大,生态敏感性越低,按阻力值从高到低划分为低敏感区到高敏感区。

2.3 基于潜力-约束模型综合分析

以土地开发潜力为基础,确定县域土地的开发潜力水平,以生态约束为条件划定长兴县域内生态敏感区域,潜力-约束模型综合最具开发潜力区域和生态敏感区域,基于生态优先理念,将两者进行互斥性叠加,开发潜力高值区扣除生态敏感高值区,确定县域适宜开发用地的空间分布。

3 结果与分析

3.1 长兴国土空间开发潜力分析

依据《城市规划原理》和《城市用地竖向规划规范(CJJ-83-99)》等相关规定,坡度在 5°以下为适宜建设坡度;5°—15°为有条件建设坡度;15°—25°为需要进行一定工程处理后才能开发建设的坡度;25°以上为不适宜建设坡度,坡度越小开发潜力越大,长兴县总体上西北部山体坡度较大,不适宜开发为建设用地,南部丘陵坡度较缓,中部平原坡度最小,最适宜建设开发。

长兴县 NDVI 指数较高区域位于西部和北部以及四周的山体,植被覆盖率越高,生态系统服务功能越高,不适宜作为开发建设用地,开发潜力小,中部平原植被覆盖率最低,开发潜力较大。

距离现状建设用地越近,空间可达性越高,越容易产生空间相互作用,开发潜力越高。长兴县现有乡镇 12 个,发展潜力最大的是中心城区、李家巷镇和洪桥镇,发展潜力较大的是吕山乡、虹星桥镇和林城镇,和平镇、泗安镇和夹浦镇的发展条件次之,煤山镇区、小浦镇和水口乡的发展条件较差。

衡量空间可达性的重要指标之一是交通系统的完善程度,在此选取空间上与铁路场站、高速出入口和不同等级的主要道路的距离作为衡量因子,对现有铁路场站、高速出入口、国道、省道和县道分别在 ArcGIS 进行欧氏距离(Euclidean distance)分析,由于距离衰减,根据距离远近划分不同的等级,距离越近,通达性越高,表

明发展潜力越大。

通过对坡度、植被覆盖、已有建设用地、交通等要素的综合分析,根据要素对用地发展潜力的影响程度,得出长兴县域用地发展潜力指标专题图(图3),对以上专题图层进行空间叠加,得到长兴用地发展潜力分析结果图(图4)。根据用地发展潜力分析结果划定潜在国土开发空间分布图(图5),面积约 570 km²,占全域面积的 39.2%,发展潜力较大的区域主要以中心城区为中心,向东拓展到洪桥镇、李家巷镇,向南拓展至虹星桥镇、吕口乡,向北拓展至夹浦镇南部和水口乡南部,西北方向煤山镇中心区域,西南方向泗安镇和林城镇,南部和平镇北部地区。

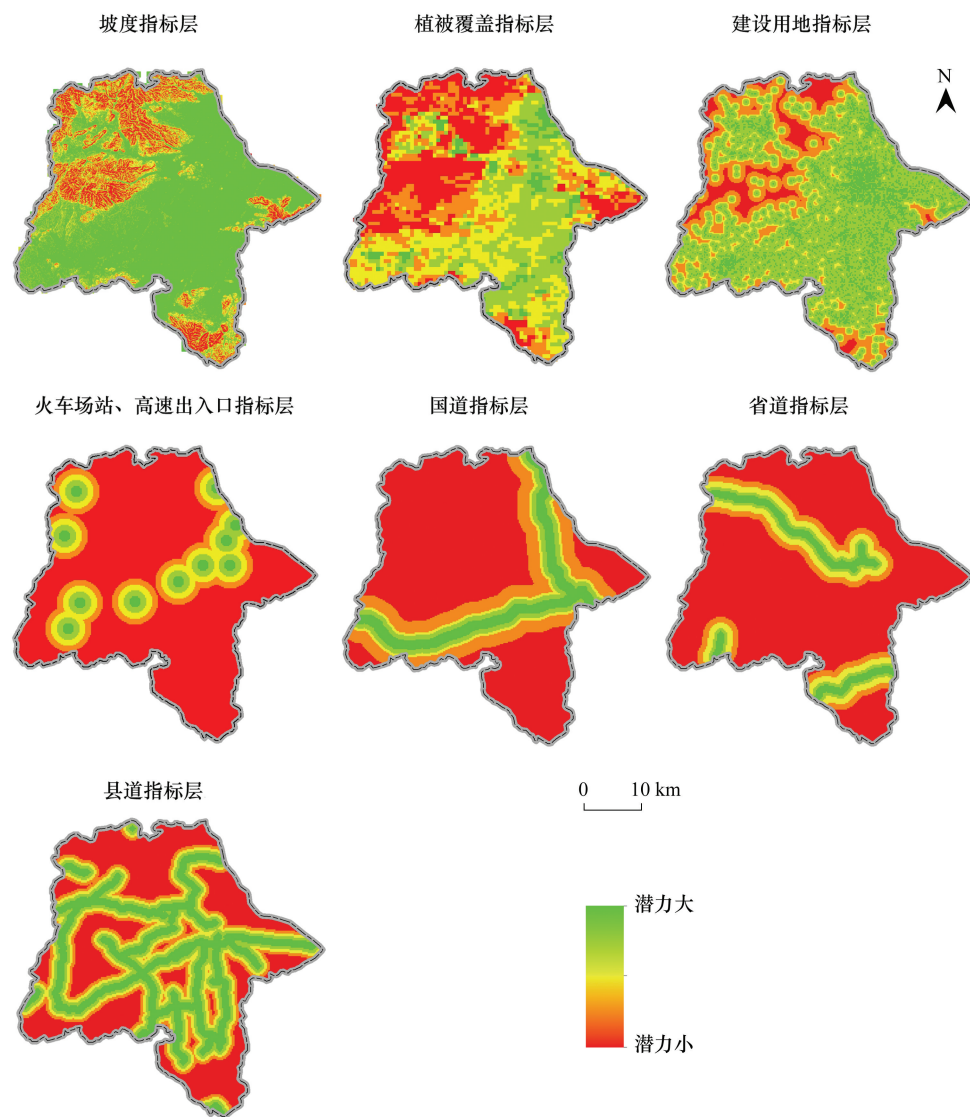


图3 长兴县域用地发展潜力指标专题图

Fig.3 Indicator maps of land development potential

3.2 长兴县国土空间开发约束分析

根据长兴县用地发展约束分析,计算得到坡度、水体距离、土地利用和人口密度的生态约束专题图(图6),根据生态约束因子阻力值等级表给各专题图划分不同的阻力值,并进行栅格叠加计算,得到约束面分布图(图7)。

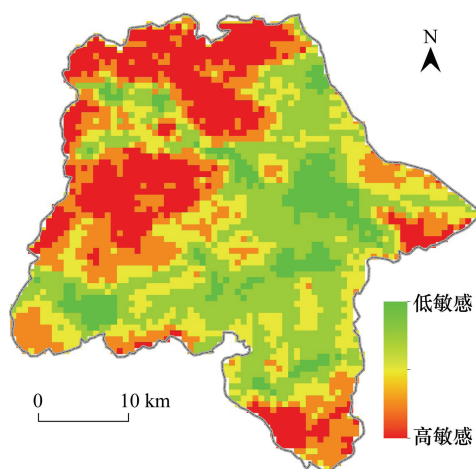


图 4 长兴县域用地发展潜力分析结果图

Fig.4 Evaluation of land development potential of Changxing

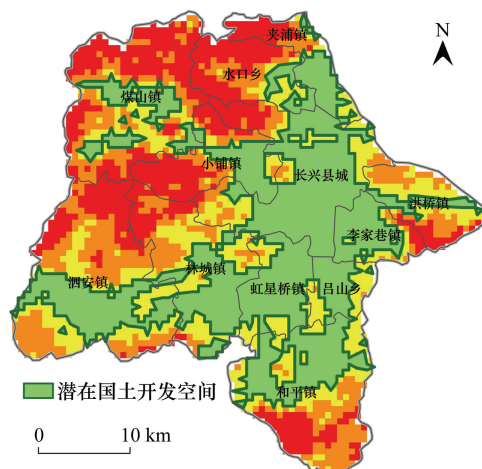


图 5 长兴县域潜在国土开发空间分布图

Fig.5 Spatial distribution of potential land development

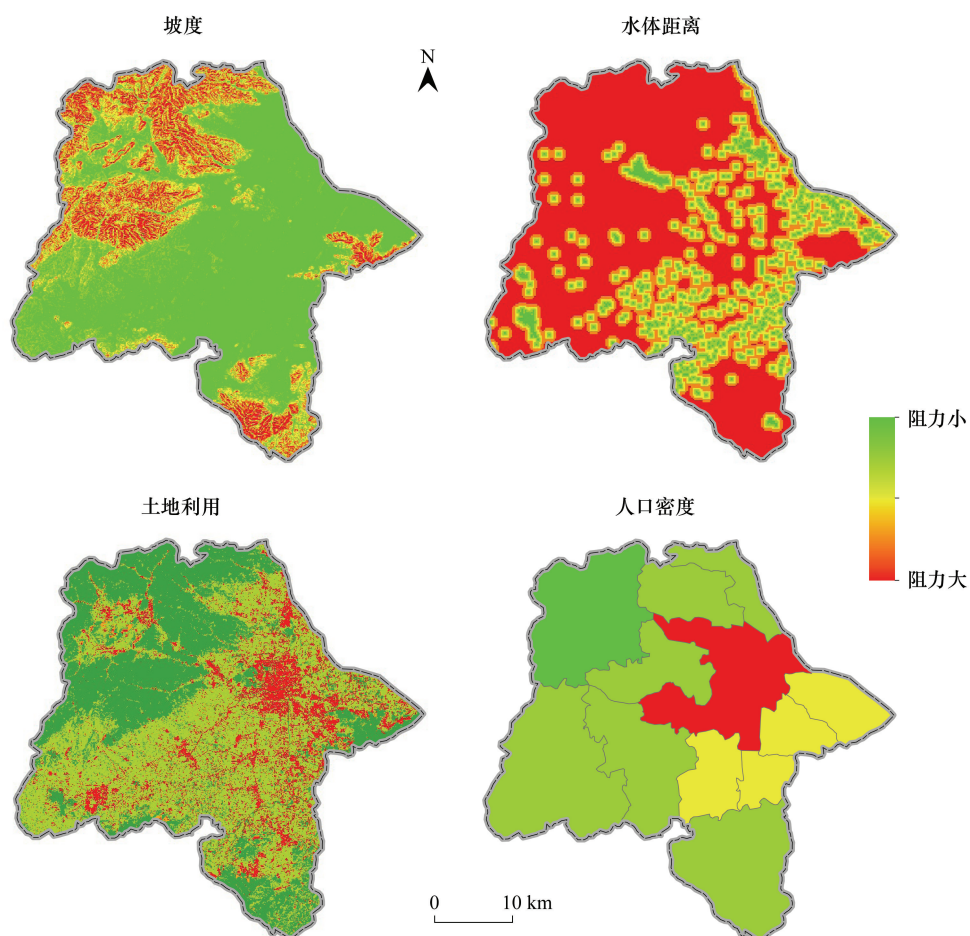


图 6 长兴县域生态约束专题图

Fig.6 Indicator maps of ecological constraint

采用以上分析得到的约束面分布图,以及确定的“源”(河流、湖泊、湿地、林地和草地等生态用地),利用 ArcGIS 的成本距离 (Cost distance) 模块进行处理。得到长兴县用地发展累积约束空间分布图,即国土空间开发生态约束分布图(图 8)。根据用地发展生态约束分析结果划定长兴县国土开发空间生态敏感地带(图 9),总面积约 832 km²,占全域面积的 57.2%,生态敏感地带主要涵盖了中东部水网密集区、合溪水库、泗安水库、西北部山体、南部和东南部低山丘陵等生态敏感区。

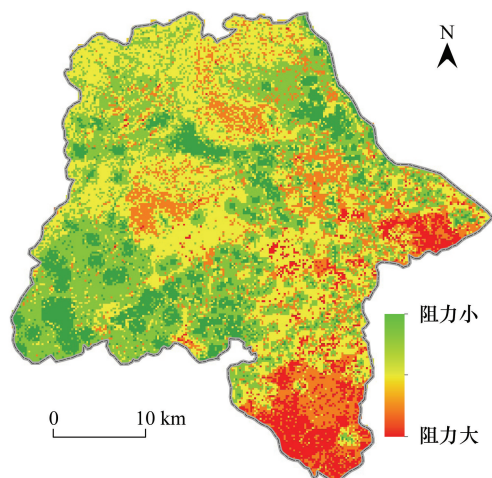


图 7 长兴县域用地约束面分布图

Fig.7 Spatial distribution of ecological constraint

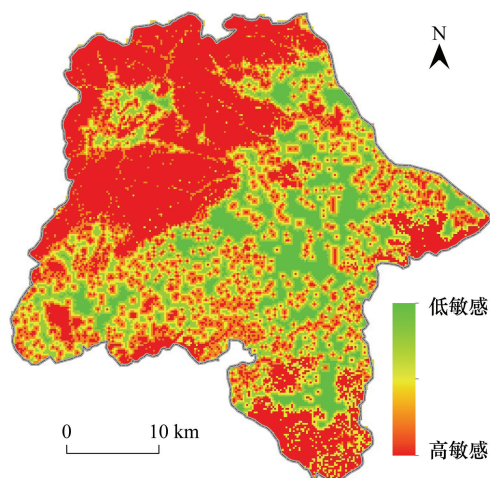


图 8 长兴县域用地生态约束分布结果

Fig.8 Spatial distribution of ecological constraint of Changxing

3.3 潜力-约束模型综合分析

将潜力空间和约束空间进行叠加分析,由于生态敏感区比较脆弱,不适宜进行开发建设,根据通过优先控制不宜建设区域、优先规划城市生态基础设施,进而确保城市进行合理空间规划的“反规划”思想^[23-24],在潜在国土开发空间分布图中除去生态约束较大的高敏感区域,得到长兴县国土空间开发的适宜空间(图 10),其中较适宜等级以上的空间约 358 km²,占全域总面积的 24.6%,由于长兴县域山体和丘陵的存在,且水网分布密集,适宜开发建设空间分散,主要集中在县域东部和中部,西北部除煤山等镇有部分地区适宜开发建设外,

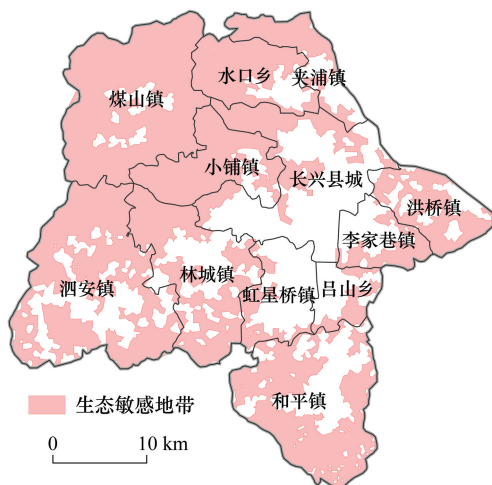


图 9 长兴县域国土开发空间生态敏感地带

Fig.9 The ecological sensitive zone of land development

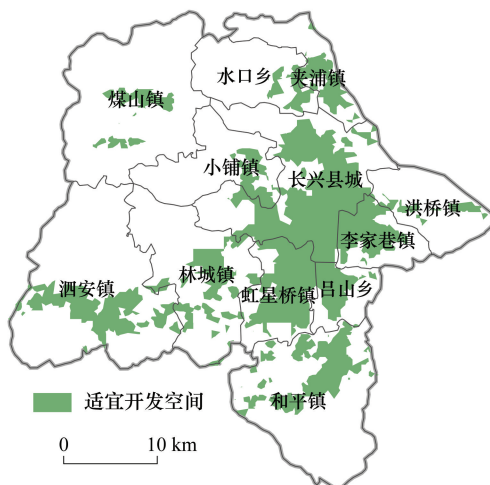


图 10 长兴县域国土开发适宜空间分布图

Fig.10 The spatial distribution of suitable space for land development

其他地区都需要进行保护。县域中部的中心城区、虹星桥镇、东部的李家巷镇、吕山乡和东北部的夹浦镇最适宜开发建设。县域中西部的林城镇以及泗安镇南部区域开发条件也较好,和平镇北部区域也可以进行适当开发建设。县域西部的煤山镇四周、泗安镇北部、水口乡、小铺镇和县域东部的洪桥镇等乡镇因生态保护需要,应适度开发。

4 结论与讨论

本文构建了一套通用、快速的县域尺度国土空间开发适宜性评价方法体系,从土地开发潜力和生态约束角度出发,选取自然环境、生态保护、社会经济等方面因子构建国土空间开发适宜性评价指标体系,综合应用空间叠置分析方法和累计阻力模型,构建潜力-约束模型,将用地发展潜力和生态环境约束在空间上进行有机融合,对长兴县国土开发适宜性进行评价,根据用地发展潜力分析结果划定潜在国土开发空间面积约 570 km²,占全域面积的 39.2%,根据用地发展生态约束分析结果划定长兴县国土开发空间生态敏感地带面积约 832 km²,占全域面积的 57.2%,生态敏感地带主要涵盖了中东部水网密集区、合溪水库、泗安水库、西北部山体、南部和东南部低山丘陵。县域国土空间开发较适宜等级以上的面积约 358 km²,占全域总面积的 24.6%,呈中部聚集、四周分散的格局,长兴县城、虹星桥镇、李家巷镇、吕山乡适宜开发建设面积最大,夹浦镇、林城镇和泗安镇也有较大面积适宜开发建设区域,煤山镇、水口乡、小铺镇和洪桥镇因地形水网等限制,适宜开发面积最小。

针对本研究构建的评价方法,因生态系统类型差异,用 NDVI 指数代表生态服务价值高低可能有偏差,相关研究表明,对于林地生态系统,植被覆盖度的增高可提高地区内林地生态系统的服务功能和价值^[25],而针对高原地带等特殊流域生态系统,NDVI 的上升导致流域生态系统的土壤保持和固碳服务显著增加,但水源涵养服务显著降低^[26]。因此,该评价方法的使用需针对高原流域等特殊地区生态系统进行适当调整。

5 建议

为了进一步促进县域可持续发展和长三角一体化,统筹协调生态保护与经济发展,结合国土空间开发适宜性评价结果,本文提出长兴县的未来发展建议:

(1) 建立健全耕地保护制度,筑牢耕地保护基础

长兴县作为“粮油大县”、“商品粮生产基地县”,需要承担着当地和周边大城市粮食生产的重任,其耕地和水田集中分布在东部水网平原、中部平原,西南部低丘岗地,这些区域内的耕地大多集中连片,是基本农田保护的地区。这与开发潜力较大的区域有重合部分,开发潜力较大区域如泗安镇、林城镇、和平镇、中心城区东部及洪桥镇同样也是农田集中的区域,约占全县耕地总面积的 70%。长兴县在开发建设中应避免经济建设占用耕地的问题,通过建立基本农田划定区,标准农田与高标准基本农田建设,耕地占补平衡、有偿保护等相关机制加强耕地保护。

(2) 强化国土空间管制,确保生态环境空间

长兴县域河网密布,依山傍湖,是国家生态县,紧邻环太湖战略生态空间,也是周边大城市休闲旅游的后花园,生态系统服务功能十分重要,随着长兴县的经济增长和开发建设,必然导致对生态空间的占用,因此在开发建设之前,必须通过划定生态红线、城镇空间边界等办法强化国土空间管制。明确区域生态环境和自然资源边界,禁止城市开发对自然空间的无节制占用。

(3) 开展生态修复,保障区域生态系统健康

长兴县具有良好的生态环境,但由于区内人口众多、产业层次较低,生态环境形势不容乐观。空气污染、水环境污染和生态用地占用是该区较为突出的生态环境问题。为改善区域生态环境质量,保障生态系统健康,必须开展生态修复,主要措施建议如下:(1)通过土地整合和生态廊道建设,增强生态空间的完整性和连通性;(2)依据生态空间管制措施,实施生态占用空间的恢复和生态受损空间修复;(3)执行低影响开发策略,

加大生态基础设施建设投入,注重从源头控制进入水体的污染物。

(4) 多种方法并举,预防自然灾害发生

长兴县所在区域内地势有较大起伏,存在地质灾害隐患点,西北部和南部的山体有崩塌、滑坡和地面塌陷风险。地处滑坡、塌陷等地质灾害点的村庄应禁止新房建设,并积极搬迁至安全地带,避开地质灾害易发区域,严格控制可能诱发地质灾害的人为活动,防止人为诱发的地质灾害。长兴县城靠近长兴东部平原,东濒太湖,且境内水网密布,河道纵横,防洪形势严峻,在极端气候等情况下,部分适宜开发空间如中心城区存在洪涝的风险。因此,为防止可能出现的地质和洪涝灾害,建议开展专项研究,制定防治措施。

参考文献 (References):

- [1] Steiner F. Resource suitability: methods for analyses. *Environmental Management*, 1983, 7(5): 401-420.
- [2] 赵羿, 胡远满, 曹宇, 胡志斌. 土地与景观: 理论基础、评价、规划. 北京: 科学出版社, 2005.
- [3] 喻忠磊, 张文新, 梁进社, 庄立. 国土空间开发建设适宜性评价研究进展. *地理科学进展*, 2015, 34(9): 1107-1122.
- [4] 唐常春, 孙威. 长江流域国土空间开发适宜性综合评价. *地理学报*, 2012, 67(12): 1587-1598.
- [5] 陈远云. 县域国土空间开发适宜性评价及对策研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2017.
- [6] 何英彬, 陈佑启, 杨鹏, 吴文斌, 姚艳敏, 李志斌. 国外基于 GIS 土地适宜性评价研究进展及展望. *地理科学进展*, 2009, 28(6): 898-904.
- [7] Ferretti V, Pomarico S. Ecological land suitability analysis through spatial indicators: an application of the analytic network process technique and ordered weighted average approach. *Ecological Indicators*, 2013, 34: 507-519.
- [8] Akıncı H, Özalp A Y, Turgut B. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2013, 97: 71-82.
- [9] Mazahreh S, Bsoul M, Hamoor D A. GIS approach for assessment of land suitability for different land use alternatives in semi arid environment in Jordan: case study (Al Gadeer Alabyad-Mafraq). *Information Processing in Agriculture*, 2019, 6(1): 91-108.
- [10] 孙霞, 文启凯, 尹林克, 孟林, 白根本, 王雷涛. 层次分析法在塔里木河中下游退耕适宜性评价中的应用. *干旱区资源与环境*, 2004, 18(6): 72-75.
- [11] Demesouka O E, Anagnostopoulos K P, Siskos E. Spatial multicriteria decision support for robust land-use suitability: the case of landfill site selection in northeastern Greece. *European Journal of Operational Research*, 2019, 272(2): 574-586.
- [12] 刘孝富, 舒俭民, 张林波. 最小累积阻力模型在城市土地生态适宜性评价中的应用——以厦门为例. *生态学报*, 2010, 30(2): 421-428.
- [13] 李平星, 陈东, 樊杰. 基于最小费用距离模型的生态可占用性分析——以广西西江经济带为例. *自然资源学报*, 2011, 26(2): 227-236.
- [14] 李小文, 曹春香, 常超一. 地理学第一定律与时空邻近度的提出. *自然杂志*, 2007, 29(2): 69-71.
- [15] 马晓葳. 延边朝鲜族自治州国土空间开发适宜性评价[D]. 长春: 吉林大学, 2018.
- [16] 李霞, 李晓兵, 王宏, 喻锋, 余弘婧, 杨华. 气候变化对中国北方温带草原植被的影响. *北京师范大学学报: 自然科学版*, 2006, 42(6): 618-623.
- [17] 何月, 樊高峰, 张小伟, 柳苗, 高大伟. 浙江省植被 NDVI 动态及其对气候的响应. *生态学报*, 2012, 32(14): 4352-4362.
- [18] 王坤, 周伟奇, 李伟峰. 城市化过程中北京市人口时空演变对生态系统质量的影响. *应用生态学报*, 2016, 27(7): 2137-2144.
- [19] 陈利顶, 傅伯杰, 徐建英, 巩杰. 基于“源-汇”生态过程的景观格局识别方法——景观空间负荷对比指数. *生态学报*, 2003, 23(11): 2406-2413.
- [20] 黎晓亚, 马克明, 傅伯杰, 牛树奎. 区域生态安全格局: 设计原则与方法. *生态学报*, 2004, 24(5): 1055-1062.
- [21] 赵彪. 基于 MCE 的沈阳市沈北新区空间开发适宜性评价研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2015.
- [22] 李春燕, 邢丽霞, 李亚民, 冯大勇. 基于 ArcGIS 的国土开发适宜性评价指标体系研究. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(S3): 175-178.
- [23] 俞孔坚, 李迪华, 刘海龙, 程进. 基于生态基础设施的城市空间发展格局——“反规划”之台州案例. *城市规划*, 2005, 29(9): 76-80.
- [24] 张荣群, 王大海, 艾东, 孙玮健, 侯振宇. 基于生态位和“反规划”思想的城市土地开发适宜性评价. *农业工程学报*, 2018, 34(3): 258-264.
- [25] 刘洋洋, 杨悦, 王倩, 刘影, 邹萌萌, 李建龙. 苏州西山仰坞生态园城市半自然生态系统服务功能与价值的定量评估. *生态科学*, 2019, 38(3): 116-124.
- [26] 卢慧婷, 黄琼中, 朱捷缘, 郑天晨, 严岩, 吴钢. 拉萨河流域生态系统类型和质量变化及其对生态系统服务的影响. *生态学报*, 2018, 38(24): 8911-8918.