

# 基于生态约束—发展潜力的城镇 建设用地开发适宜性分区

张宸睿, 符海月, 张鑫, 钱志友

(南京农业大学 土地管理学院, 江苏 南京 210095)

**摘要:** [目的] 从生态和经济的角度划分城镇建设用地开发适宜性类型区, 为江苏省射阳县土地利用空间布局提供参考。[方法] 依据最小累积阻力值分析射阳县区域生态约束强度, 划分强度等级; 运用多因素多因子综合判别模型, 从开发强度和空间距离角度构建评价模型, 划分区域发展潜力等级; 最终在生态约束等级和发展潜力等级的基础上, 进行全域城镇建设用地开发适宜性分区。[结果] (1) 生态约束高区域与生态约束低的区域相差较大, 总体上以生态保护为主。从空间分布上, 不同等级强度生态约束力表现出了阶梯式的分布, 由内向外辐射, 强度逐步提高。(2) 开发潜力与生态约束分级结果对比, 矛盾突出, 经济需求旺盛, 生态保护用地形势严峻。(3) 适宜保护区、较适宜保护区、较适宜建设区、适宜建设区 4 类, 所占比率分别为 11.04%, 24.78%, 34.59%, 29.59%。[结论] 开发适宜性分区表现出“核心—边缘”的城乡二元结构特征, 同时合德镇及周围的适宜建设区较为集聚, 外围适宜建设区逐渐减少。

**关键词:** 生态约束; 发展潜力; 开发适宜性分区; 城镇建设用地; 江苏省射阳县

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2017)03-0174-08

**中图分类号:** F301.23

**文献参数:** 张宸睿, 符海月, 张鑫, 等. 基于生态约束—发展潜力的城镇建设用地开发适宜性分区[J]. 水土保持通报, 2017, 37(3): 174-181. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.03.029; Zhang Chenrui, Fu Haiyue, Zhang Xin, et al. Suitability regionalization for exploitation of urban constructive land based on ecological constraints and development potential[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(3): 174-181. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.03.029

## Suitability Regionalization for Exploitation of Urban Constructive Land Based on Ecological Constraints and Development Potential

ZHANG Chenrui, FU Haiyue, ZHANG Xin, QIAN Zhiyou

(College of Land management, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

**Abstract:** [Objective] To determine the suitability types of urban construction land development from the perspective of ecology and economy, and provide reference for the spatial distribution of land use in Sheyang County of Jiangsu Province. [Methods] According to the minimum cumulative resistance value, the regional ecological constraint intensity of Sheyang County was analyzed and the intensity grade was defined. Through the uses of multiple factors and multi-factor comprehensive discriminant model, an evaluation model was constructed from the perspective of development intensity and spatial distance, and the regional development potential grade was ranked. Finally, on the basis of ecological constraint level and development potential level, the suitability zone of the whole urban construction land development was divided into different types. [Results] (1) The areas with high ecological constraints were largely different from those with low ecological constraints, where ecological protection was the main factor. From the point of view of spatial distribution, different levels of intensity and ecological binding showed a ladder-like distribution, from the inside to the outside of the research area, and the intensity gradually leveled up. (2) The comparison results of development potential and ecological constraint classification showed that the contradiction of development potential was prominent. The demand for economy was vigorous, and the situation of ecological protection land was

收稿日期: 2016-09-18

修回日期: 2016-11-08

资助项目: 南京农业大学中央高校基本业务费人文社会科学研究基金项目“城市扩张时空演变及其影响因素研究”(SKTS2017010)

第一作者: 张宸睿(1990—), 男(汉族), 云南省江川县人, 硕士研究生, 研究方向为土地信息系统。E-mail: 2013109012@njau.edu.cn。

通讯作者: 符海月(1977—), 女(汉族), 甘肃省陇南市人, 博士, 副教授, 主要从事土地利用变化, 遥感与 GIS 在人口、资源与环境中的应用研究。E-mail: fuhaiyue@njau.edu.cn。

pressing. (3) Suitable protection area, relatively suitable protection area, relatively construction area, suitable construction area, covered 11.04%, 24.78%, 34.59%, 29.59% of the total research area respectively. [Conclusion] The development suitability zone has an alternative structure and characterized by “urban area as core and rural area as periphery”. Meanwhile, suitable construction areas are gathered in and around the Hede Township and gradually reduced on the periphery.

**Keywords: ecological constraints; development potential; suitable regionalization for exploitation; urban construction land; Sheyang County of Jiangsu Province**

21 世纪以来,随着中国城镇化进程的加快,建设用地的不当扩展日益严重,同时也导致了耕地流失、环境污染和土地资源短缺等一系列复杂的社会和生态环境问题,给区域的可持续发展带来了巨大的挑战<sup>[1]</sup>。从资源投入的角度,城镇建设用地投入存在边际效益,合理的建设用地扩展有助于提高社会经济的发展水平,而建设用地的无序扩展,必然会造成生态系统的破坏。

国外早期对适宜性评价的理论方法研究最早由美国景观规划师 McHarg 等提出<sup>[2]</sup>,随后国内外学者的研究普遍利用 GIS 空间工具,采用“千层饼”模式的垂直地图叠加法,即通过加权叠加将单因素适宜度值整合为适宜度综合值,并通过等级划分进行适宜性分区<sup>[3]</sup>。丁建中等<sup>[4]</sup>根据生态重要性和经济重要性指数划分不同空间开发强度类型区。祁豫玮等<sup>[5]</sup>通过空间开发约束、引导和强度三要素综合分析和两次二维矩阵判别,得出空间开发适宜性分类。李娜<sup>[6]</sup>基于生态与经济因素 GIS 空间叠合分析,实现小尺度地域空间开发适宜性分区。孙伟等<sup>[7]</sup>通过自然生态约束和经济开发需求的矩阵分类分析,划分 6 类开发适宜性区域。方法本身将因子进行水平叠加忽视了城镇建设用地这一主体本身的横向水平距离权重所带来的影响,以往的城镇建设用地生态适宜性评价方法由于只强调评价单元垂直过程,使得离现有城镇用地较远的区域误被作为城市优先发展方向,而最小累积阻力模型考虑了距离和阻力两种因素,可有效地避免上述情况的发生<sup>[8]</sup>。

基于此,本文拟选择经济发展较快、新增城镇建设用地面积较大,同时兼具生态保护重要性的盐城市射阳县作为研究区 2 角度 2 个方向出发,综合考虑区域土地作为建设用地的开发适宜性。理论层面,城镇建设用地的扩张本身是矛盾统一的过程,在内生性的扩张需求和外部性的限制条件相互作用下,兼具自然生态与社会经济、开发与约束的发展过程,故从生态约束—发展潜力角度出发,分别测算分析区域生态约束强度和发展潜力强度,基于生态优先的理念进行地域开发适宜性分区。方法层面,引入横向水平生态过程的 MCR 模型,与纵向垂直经济过程相结合,并通

过二维关联矩阵联立,划分城镇建设用地开发适宜性类型区。以期射阳县空间布局提供一定的建议,促进城镇建设用地扩张质量的提升。

## 1 研究区概况及数据来源

### 1.1 研究区概况

射阳县位于江苏省盐城市东部,属于长江三角洲北部区域,濒临东海。境内地势地平,地面坡度小于 0.50%;属北亚热带湿润季风气候区与南温带湿润或半湿润季风气候区之间;境内水系发达,共有大小沟河 2 800 余条;土壤偏碱性。2014 年射阳县实现地区生产总值 370.10 亿元;总人口 97.14 万人;县辖 13 个镇、3 个省属农场和 1 个市属盐场,面积共 260 571.67  $\text{hm}^2$ ;2014 年建设用地面积达 444.31  $\text{hm}^2$ 。

射阳县作为国家级生态示范区以及国家级珍稀禽保护区,生态环境保护尤为重要。同时射阳县是全国首批沿海对外开放县,国民经济总量、固定资产投资在持续增加,这使得射阳生态效益和经济效益的矛盾更为突出,这种矛盾也具体体现在城镇建设用地上,城镇建设用地开发与生态保护的矛盾日趋显现,具有一定典型性,故选择射阳县作为研究区,研究结果可为区域可持续发展决策提供参考依据,以促进长三角协调发展。

### 1.2 数据来源

本文研究数据涉及以下 3 类:

(1) 土地利用数据。包括 2014 年射阳县土地利用现状图、2014 年射阳县土地利用变更数据、来源于相关国土部门;2014 年多期 TM 遥感影像(Landsat8 卫星遥感影像),来源于中科院地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>)。

(2) 社会经济统计数据。包括经济、人口、交通统计数据,来源于《江苏省统计年鉴(2015)》《盐城市统计年鉴(2015)》《江苏省县域统计年鉴(2015)》《射阳县统计年鉴(2015)》,国民经济和社会发展统计公报。

(3) 自然生态数据。包括相关地形、生态、土壤、数据;30 m 精度 DEM 数字高程数据,来源于国际科学数据服务平台 <http://datamirror.csdb.cn/>;土壤数据来源于相关农业普查资料、土壤志、土壤类型分布

图;降雨数据来源于射阳县气象局门户网站;自然保护区、森林公园、风景名胜区、水源保护区等数据来源于射阳县城区饮用水水源保护区划分报告、射阳县水资源保护规划、射阳县自然保护区(含森林公园、风景名胜区)分布图。本文以 30 m×30 m 大小栅格为数据处理单元。

## 2 研究思路及研究方法

### 2.1 开发适宜性分区思路

本文基于生态优先,兼顾经济发展的视角,从生态约束与发展潜力两个方面出发,构建约束—潜力模型。采用 MCR 模型实现区域生态约束强度的分析;采用多因素多因子综合判别法测算区域发展潜力。最终通过二维关联矩阵实现区域开发适宜性分区研究。图 1 为技术路线。

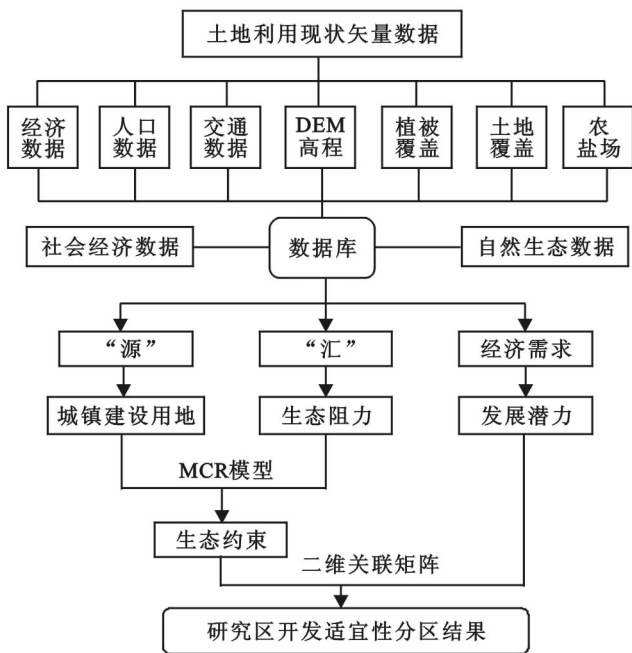


图 1 技术路线图

生态约束—开发潜力模型的构建基于“精明增长”理论,从可持续发展的角度出发,综合考虑土地利用的系统性问题,兼顾生态和经济两大效益的综合整体效益,而非单项效益,从而实现土地资源持续利用。为实现自然生态效益最大化,生态约束区需最大限度的扩张;为实现社会经济效益最大化,新增城镇建设用地需最大限度的扩张。但 2 个过程不是孤立的而是相互联系的,开发建设过程受生态过程的制约。建设用地和生态用地的平衡就主要表现为这 2 个过程的平衡,生态保护用地的扩张,受土地生态重要性的刺激和推进;新增城镇建设用地的扩张,受土地生态重要性的约束。因此从 2 个角度同时出发,同一土地

单元受到不同过程的阻碍或刺激作用。故将生态约束和开发潜力进行联立,构建相关模型指导发适宜性分区研究。

### 2.2 基于最小累积阻力模型的生态约束分析

传统的最小累积阻力模型(minimum cumulative resistance mode),简称 MCR<sup>[9]</sup>,指从“源”经过不同阻力的单元到达目标点所耗费的费用或者克服的阻力的总和。基本公式如下:

$$MCR = f_{\min} \sum (D_{ij} \times R_i)$$

$$(i=1,2,3 \cdots n; j=1,2,3 \cdots m) \quad (1)$$

式中:MCR——物质、能量或现象从源点出发扩散到空间某点的最小累积阻力,与距离和成本有关; $f$ ——一个未知函数,是单调递增函数,反映了 MCR 与变量( $D_{ij} \times R_i$ )之间成正比例关系; $D_{ij}$ ——物质、能量或现象在离开源以后的运动路径中从第  $i$  个单元运动到  $j$  个单元时通过  $i$  单元的运动距离; $R_i$ ——第  $i$  个单元对某运动的阻力系数。

在获取不同等级“源”的矢量数据和综合阻力分值的栅格数据的基础上,运用 ArcGIS 中 cost-distance 模块分别生成不同等级“源”栅格到生态阻力面每个栅格距离最近、成本最低的最小累加成本,生成不同等级源扩展生态阻力面。通过不同源等级生态阻力面进行叠加分析,计算各栅格单元最小值,最终生成城镇建设用地扩展生态阻力面。计算得出的阻力累积值是空间中每个栅格单元到“源”的距离相对可达性的度量,其中到达“源”的空间最小累积阻力值被认为是可达性值,在本文中则表征为城镇建设用地(即“源”)向周围空间扩张所受到的生态约束强度。

2.2.1 扩展“源”的选取 在本文研究中,研究目的在于对城镇建设用地的开发适宜性研究,运用 MCR 模型模拟扩张过程所受到的生态阻力,“源”即事物扩张的起点,故选择现状城镇建设用地为“源”,选取现状城镇建设用地,包括城市用地及建制镇用地,承载了经济社会发展的基本活动。

2.2.2 阻力基面“汇”的构建 如表 1 所示,阻力体系“汇”的构建是从生态安全格局角度出发的,充分考虑到影响城镇建设用地布局的生态环境因素,结合现有资料,从生态障碍和生态阻力 2 个方面构建综合阻力基面。包括:①生态障碍。城镇建设用地的开发虽然没有对生态用地的具体要求,但基于生态安全、环境保护的基本原则,将水源及风景名胜自然保护区、国有农盐场划分为生态障碍区,是无法跨越的。②生态阻力。生态阻力体现区域自然生境维护的重要性与价值,由直接关系生态安全和自然环境及具有保护意义的因子体现<sup>[10]</sup>。根据射阳县实际情况,从

地形坡度、植被覆盖度、土地覆盖、生态敏感性 5 个要素出发,选取高程、坡度、土地利用类型、土壤侵蚀敏感性、植被覆盖指数 6 个指标。

表 1 生态阻力评价指标体系

目标	一级因子 (权重)	二级因子 (权重)	等级(赋值)
生态阻力	地形坡度 (0.5)	相对高差 (0.2)	<5 m(1)
			5~20 m(3)
			20~35 m(5)
			35~50 m(7)
			>50 m(9)
	坡度 (0.2)	<2(1)	
		2~6(3)	
		6~15(5)	
		15~25(7)	
		>25(9)	
植被覆盖度 (1.0)	NDVI (0.2)	<0.2(1)	
		0.2~0.4(3)	
		0.4~0.6(5)	
		0.6~0.8(7)	
		>0.8(9)	
土地覆盖 (1.0)	土地利用类型 (0.3)	① 城市、建制镇、村庄、裸地、交通用地、公路用地、盐碱地(1)	
		② 采矿用地、草地(3)	
		③ 园地、旱地、水田、沟渠、水浇地、其他农业配套用地(5)	
		④ 坑塘、内陆滩涂、港口码头用地(7)	
		⑤ 有林地、沼泽地、灌木林地、河流、水库(9)	
生态敏感性 (1.0)	土壤侵蚀敏感性 (0.3)	不敏感(1)	
		轻度敏感(3)	
		中度敏感(5)	
		高度敏感(7)	
生态障碍 (最大值)		盐农场	
		风景名胜及水利设施用地	

注:评价指标无量纲。自然保护区、风景名胜、森林公园以及一级水源保护区等具有很高的生态重要性,但由于已经作为生态障碍单独划出,并取最大值。

“汇”的阻力基面指标处理过程中,阻力分值的赋予通过专家打分方式获得。将阻力分为 5 个等级,分别用 9,7,5,3,1 表示,经三轮专家打分,收敛性分析专家意见基本趋于一致,采用第三轮专家征询结果作为最终赋值结果<sup>[11]</sup>。生态障碍由于其不可跨越,单独划出,并取最大值(详见表 1)。

### 2.3 基于开发强度和空间距离的发展潜力测算

通常,影响空间中某一地块发展潜力的主要因子

有距离增长极的距离和增长极的强弱,从开发强度和空间距离来构建指标体系,采用多因素多因子判别法综合测算区域发展潜力。如公式(2)所示:

$$F_i = \sum_{j=1}^n M_{ij} \times W_j \quad (2)$$

式中: $F_i$ ——第  $i$  单元扩展“源”强度分值或综合阻力分值; $M_{ij}$ ——第  $i$  单元的第  $j$  要素值, $W_j$ ——第  $j$  要素的权重。

从发展潜力的经济条件、地方财政条件、人口条件以及交通条件 4 个方面进行综合考虑。① 经济条件是支撑城镇建设用地扩张的基础,反映区域经济发展的需求和力度,根据射阳县实际,研究主要选择 GDP 总量、GDP 增长率 2 个要素反映;② 地方财政条件是从政府角度出发,其对城镇建设用地发展潜力的影响具有一定的政策约束性,反映国家和地方对城镇建设用地开发的导向作用,研究主要选取地方财政收入、固定资产投资两项要素反映;③ 人口条件是决定城镇建设用地扩张的直接条件,包括常住人口总数、二三产业人口比重等诸多因素影响城镇建设用地发展潜力。④ 交通区位与城镇建设用地扩张有着相互影响、相互制约的密切联系,反映城镇建设用地相对地理位置对开发程度的影响,研究从路网覆盖和距中心城镇距离 2 个要素出发。

发展潜力测算体系本身具有量纲,量化过程中可以采用标准化的处理方法,最终取值范围定位<sup>[12]</sup>(表 2)。本研究采用主观 AHP 与客观熵值法确定指标权重,最后通过算术平均值确定最终权重。

表 2 城镇建设用地发展潜力评价指标体系

准则层	要素层	指标层	效态
开发强度 $A_1$	经济条件 $B_1$	GDP 增长率 $C_1$ /万元	正
		GDP 总量 $C_2$ /%	正
	地区财政条件 $B_2$	固定资产投资 $C_3$ /万元	正
		地方财政收入 $C_4$ /万元	正
	人口社会条件 $B_3$	人口基数 $C_5$ /人	正
		二三产从业人员比重 $C_6$ /%	正
空间距离 $A_2$	交通区位条件 $B_4$	路网覆盖 $C_7$ /km <sup>2</sup>	正
		距中心城镇距离 $C_8$ /km	负

### 2.4 基于约束—潜力的开发适宜性分区

本文采用二维关联矩阵法,构建由生态约束和发展潜力构成的约束—潜力模型,识别城镇建设用地开发适宜性的相应等级<sup>[13]</sup>。根据最高生态保护度唯一确定原则(城镇建设用地生态约束力等级最高的地区直接确定为重点保护用地区,而不考虑发展潜力的影响),低等级服从高等级原则,较高条件下适度倾斜生态约束,一般条件下适度倾斜发展潜力 4 项原则构建

城镇建设用地约束—潜力二维关联矩阵。

在空间关联矩阵中：① 适宜建设区一般指生态约束较低、发展潜力高的区域，适宜优先开发建设；② 较适宜建设区指生态约束中等、发展潜力较高或中等的区域，和发展潜力中等、生态约束低或者中等

的区域；③ 较适宜保护区指生态约束较高、发展潜力中等或高的区域，和发展潜力低、生态约束中等或者较低的区域；④ 适宜保护区指生态约束较高，同时发展潜力较低的区域，在改善区域发展条件后，可作为最后考虑对象。具体划分如表 3 所示。

表 3 城镇建设用地约束—潜力二维关联矩阵

项目	生态约束				
	开发适宜性	生态障碍	高	中等	低
发展潜力	低	适宜保护区	适宜保护区	较适宜保护区	较适宜保护区
	中等	适宜保护区	较适宜保护区	较适宜建设区	较适宜建设区
	高	适宜保护区	较适宜保护区	较适宜建设区	适宜建设区

### 3 开发适宜性分区过程

#### 3.1 射阳县生态约束等级测算结果

3.1.1 “源”的选取 选取射阳县 13 个建制镇中集中连片的城镇建设用地作为运行 MCR 模型的“源”。从最终“源”的选取结果来看，实际面积为 3 603.26 hm<sup>2</sup>（部分城镇建设用地分布较为零散，未形成集中连片，无法选取作为“源”），选定的“源”在空间位置上均体现了较强的典型性，基本涵盖了每个建制镇。

3.1.2 生态阻力基面的评价 选取了盐农场、水源保护用地和风景名胜用地作为生态障碍，这些区域是城镇建设用地开发的生态约束，也是区域生态安全最基本的保障，赋最大值。采用 AHP 与熵值法共同确定指标权重，构建的生态阻力面体系，运用 GIS 空间技术分析各阻力因子在不同阻力等级下的用地分布情况，并绘制栅格单元为 30 m 精度的各阻力等级分布专题图。

结合生态障碍与各生态阻力因子分布图，进行综合叠加，得到城镇建设用地生态综合阻力面综合评价结果，实质反映的是景观单元自身的生态属性。在对生态数据栅格转化的基础上，采用表 2 中垂直生态过程创建的阻力赋值体系，通过空间分析的方法分别、逐步获得各阻力因子和生态障碍的阻力值，再按照影响程度权重值进行叠加分析，得到阻力基面，为提高累计阻力面精度，通过重分类的方法划分为 8 个等级。

3.1.3 生态约束等级划定 “源”与“汇”间距离和阻力系数是 MCR 模型数学表达式中的基本要素。当 MCR 模型适用于城镇建设用地生态约束强度分级时，阻力系数应表征为阻力基面体系中的阻力因子对城镇建设用地布局综合影响。从这点出发，如何量化阻力系数是影响 MCR 模型运行结果的关键。

通过计算各栅格单元的最小值，最终生成城镇建设用地扩展生态阻力面如图 2 所示。从而计算得出

的阻力累积值则是空间中每个栅格单元到“源”的距离相对可达性的度量，其中到达源的空间最小累积阻力值被认为是可达性值，在本文中则表征为城镇建设用地（即“源”）向周围空间扩张的所受到的生态约束。根据最小累积阻力计算结果，利用重分类(reclassify)工具，选择几何周期分类法(geometrical intervals)将所有栅格单元按累积阻力分值大小依次划分为生态约束能力低、生态约束能力中等、生态约束能力高以及生态障碍 4 种等级区域。

从统计情况来看，几何周期分类法的结果表现出一定的规律性，生态约束强度高及生态障碍占到射阳区域的 47.74%，面积为 124 464.66 hm<sup>2</sup>，主要为风景名胜、水源涵养地、林地、农田等。生态约束强度中等区域占 26.17%，面积约为 68 191.5 hm<sup>2</sup>，略大于强度低区域。生态约束强度低的区域有 67 915.51 hm<sup>2</sup>，主要为村庄、道路、工矿仓储用地以及未利用地等，其中“源”面积仅为 3 603.26 hm<sup>2</sup>。未来可扩展建设用地面积较大，发展空间较大。

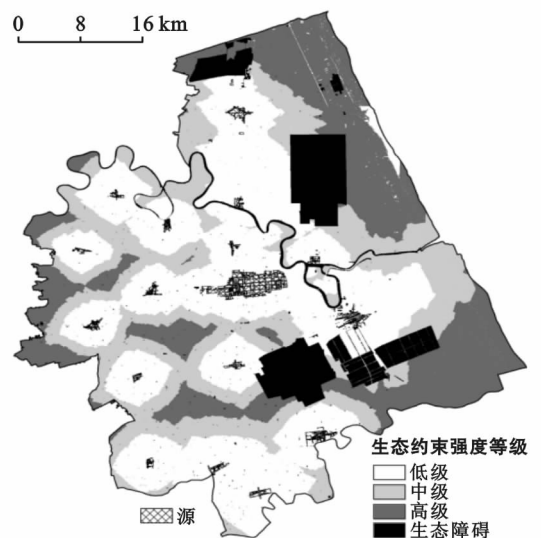


图 2 射阳县生态约束强度等级

从空间分布情况来看,不同约束力等级之间呈现出阶梯式的分布情况,从“源”到“汇”等级依次升高,形成明显“核心—边缘”结构。其中生态约束强度低的区域主要集中在射阳县的中部和南部地区,包括各个镇建成区。区域地势平坦、生态敏感性较低,离海岸线较远,土地覆盖大都为建设用地或农地,利于城镇建设用地发展。生态约束强度中等区域的空间分布围绕生态约束强度低区域,空间上形成明显的包裹现象。沿海地区生态约束能力强,集中在黄沙港镇南

部和临海镇北部、以及海河镇西部。东、北方向临近海岸线,以盐碱土为主,降雨充沛,生态敏感性较高。海河镇西部植被覆盖茂盛,主要以生态服务功能为主,这些地区是区域生态的最低保障,可以归结为城市扩张的刚性边界。

### 3.2 射阳县发展潜力等级测算结果

3.2.1 因子权重测算结果 采用主观 AHP 与客观熵值法确定指标权重,最后通过算术平均值确定最终权重,具体结果如表 4 所示。

表 4 发展潜力最终权重确定

准则层	AHP	熵值法	最终权重	要素层	AHP	熵值法	最终权重	指标层	AHP	熵值法	最终权重
开发强度 $A_1$	0.55	0.59	0.57	经济条件 $B_1$	0.66	0.54	0.60	GDP 增长率 $C_1$	0.24	0.36	0.30
				地区财政条件 $B_2$	0.34	0.46	0.40	GDP 总量 $C_2$	0.76	0.64	0.70
								固定资产投资 $C_3$	0.56	0.56	0.56
				地方财政收入 $C_4$	0.44	0.44	0.44				
空间距离 $A_2$	0.40	0.46	0.43	人口社会条件 $B_3$	0.40	0.42	0.41	人口基数 $C_5$	0.69	0.53	0.61
				交通区位条件 $B_4$	0.6	0.58	0.59	二三产从业人员比重 $C_6$	0.31	0.47	0.39
								路网覆盖 $C_7$	0.72	0.90	0.81
				距中心城镇距离 $C_8$	0.28	0.10	0.19				

3.2.2 相关指标空间化结果 先对指标涉及的统计数据标准化,再分别对 8 个指标进行网格化处理。得到发展潜力指标空间化结果,分别为 4 个要素:经济条件,地区财政条件,人口社会条件,交通区位条件。为下一步发展潜力强度等级划分做准备。

3.2.3 发展潜力强度等级划分结果 根据最终权重表确定具体得分情况,结合空间化处理结果,使用栅格计算器(raster calculator)对相关统计指标栅格数据做加权叠置,从而得出  $30\text{ m} \times 30\text{ m}$  大小的栅格单元的综合发展潜力分值数据层。并按照级间差异大、级内差异小的原则,参照射阳县土地开发利用具体情况,进行等级划分。本文运用 ArcGIS 里的自然分级(natural break)功能,将射阳县城镇建设用地发展潜力强度大小得分情况进行等级划分为 3 个等级:发展潜力高、发展潜力中等、发展潜力低(图 3)。

从数据分布情况来看,发展潜力高的区域占到射阳区域的 50.57% 左右,面积达到  $131\,579.67\text{ hm}^2$ ;发展潜力中等的区域占到射阳区域的 37.20% 左右,面积达到  $96\,887.51\text{ hm}^2$ ;发展潜力低的区域仅为  $32\,104.49\text{ hm}^2$ ,占到全区域的 12.23%。发展潜力高的区域面积较大,经济需求旺盛,这与经济发展情况相同。发展潜力低的区域面积较少,总体上受到所属部门的调控,与县域经济发展之间有差异。对比生态约束强度分级情况来看,开发潜力高与生态约束低的区域面积差值较大,一方面射阳县对城镇建设用地表现出了较强的需求,另一方面受制于生态保护功能用地的限制。供求矛盾明显。

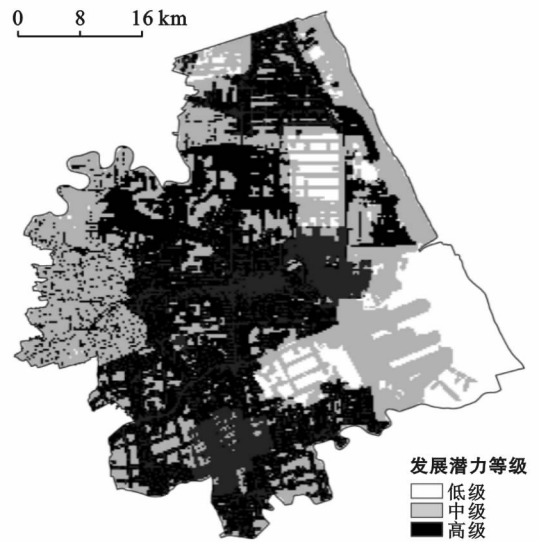


图 3 射阳县发展潜力等级

从空间分布上看,发展潜力高的区域主要分布在射阳县的北部、中部和南部,包括长荡镇、盘湾镇洋马镇、兴桥镇、合德镇、海通镇、临海镇、千秋镇、新坍镇,集中在各镇区中心和交通沿线附近,经济基础相对较好,主干道从中穿过,同时人口基数大,经济发展需求强烈。发展潜力中等区域主要分布在射阳县的西边,仅包括海河镇、淮海农场、射阳盐城、千秋镇部分区域,这些区域人口及经济基础较差。

## 4 分区结果及分析

### 4.1 射阳县城镇建设用地开发适宜性分区结果

以已构建的城镇建设用地约束—潜力二维关联矩

阵为原则(表 3),将生态约束强度分级结果和发展潜力强度分级结果进行联立,实现空间上的开发适宜性分区,得到城镇建设用地开发适宜性分区结果(图 4)。

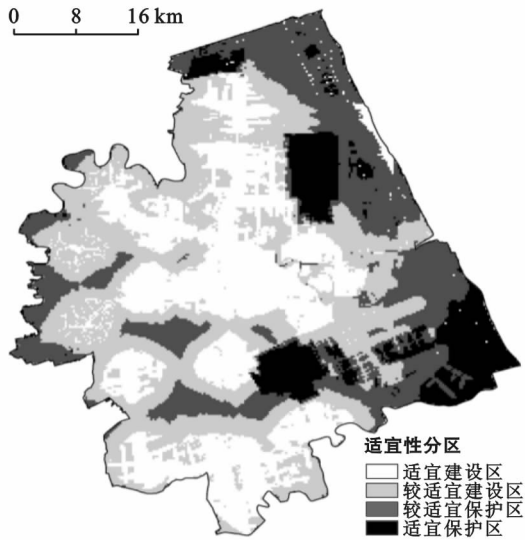


图 4 射阳县城镇建设用地适宜性分区

从空间分布情况来看,整体呈现“核心—边缘”的空间分布趋势。适宜建设区主要分布在各镇已有规模建设用地周围,包含合德、千秋、四明、海通、兴桥、新坍、长荡、盘湾、特庸和洋马镇;较适宜建设区分布在适宜建设区周围,主要包括海河、黄沙港镇,从空间形态上包裹适宜建设区;较适宜保护区分布范围较广,基本在较适宜建设区外围以及东部沿海区域,涵

盖了大多数的植被覆盖区,这部分区域限制建设用地的过度扩张;适宜保护区主要分布在东南海岸线以及各个盐农场。整体上以已有城镇建设用地为中心向周围区域辐射扩张,绕开部分生态障碍区,形成“核心—边缘”的空间结构,分类型来看:① 适宜建设区主要重点发展区总面积为 77 337.13  $\text{hm}^2$ ,占射阳县域总面积的 29.59%,主要分布在已有城镇区附近和交通便捷的公路附近。② 较适宜建设区面积为 89 285.91  $\text{hm}^2$ ,占全部县域面积的 34.59%,这部分土地多布局在适宜建设区周围,规模小,但是距离镇中心 and 主干道的距离较近。③ 较适宜保护区总面积为 64 842.58  $\text{hm}^2$ ,占全部县域面积的 24.78%,该区域具备一定自然环境条件和区位条件,早期已有部分城镇建设用地布局于此,包括射阳港经济区、临海镇、海河镇及黄沙港镇部分区域,目前处于缓慢发展阶段。射阳港经济区权属上属于国家级开发区,从地方角度无法进行过度开发,将其划入较适宜保护区范围。④ 适宜保护区总面积为 29 106.05  $\text{hm}^2$ ,占全部县域面积的 11.04%。该类型主要分布在建设用地适宜性较低的区域,基本为盐农场等生态障碍区,这部分经济基础较差,距离主干道较远,缺乏发展动力支撑。

为了实现对城镇建设用地布局进行合理配置,本研究中不仅参照了土地利用现状,而且在对区域生态约束等级划定的基础上与发展潜力等级分布进行叠加,在生态障碍等约束条件下,得到建设用地适宜性分区结果(表 5)。

表 5 开发适宜性分区结果统计情况

区域	已有建设用地面积	适宜建设区	较适宜建设区	较适宜保护区	适宜保护区
合德镇	2 011.161	2 233.510	8 045.511	1 449.282	0
临海镇	262.412	4 192.064	6 189.891	6 867.133	81.266
海河镇	155.693	1 848.837	15 251.263	7 991.331	270.893
盘湾镇	96.244	4 838.429	3 338.754	670.463	0
黄沙港镇	313.874	169.309	6 196.665	9 190.034	5 844.512
特庸镇	94.940	6 514.971	3 541.920	108.354	0
海通镇	83.293	5 323.043	2 647.982	148.988	0
兴桥镇	98.181	4 327.514	5 553.301	2 986.587	6.774
洋马镇	151.962	3 907.634	3 216.846	2 201.012	54.183
长荡镇	55.040	4 266.560	5 025.059	1 246.443	0
四明镇	129.562	6 880.676	9 257.763	636.604	60.949
新坍镇	60.821	3 663.818	4 937.022	1 239.332	0
千秋镇	90.101	8 627.931	7 205.754	1 210.901	0

分区域来看:① 适宜建设区、较适宜建设区、较适宜保护区与适宜保护区之间的比率较为合适,适宜建设区占比约 30%,同时较适宜保护区和适宜保护区占 30%以上,既满足了射阳县的经济发展需求,也

满足了区域生态保护的要求,其中合德镇作为中心城镇适宜建设区比率最高;② 大部分适宜建设区包含了已有城镇建设用地的面积,并且能够满足今后城镇建设用地的扩张需求,其中黄沙港镇适宜建设区面积

较小,已有城镇建设用地分布在较适宜建设区范围内,未来开发趋势向合德镇和海通镇靠拢;③ 承载生态保护功能的适宜保护区主要分布在盐农场以及部分城镇,包括临海镇、海河镇、黄沙港镇、兴桥镇、洋马镇、四明镇,1/2 以上的城镇未分布有适宜保护区;④ 南部4镇,洋马镇、盘湾镇、特庸镇及长荡镇,虽然离县城中心较远,但离盐城市区较近,毗邻盐城机场及省级高速,适宜建设区比率较高,未来发展空间较大。

#### 4.2 射阳县城镇建设用地空间开发策略建议

(1) 适宜建设区具有一定的社会经济基础,基础设施较完善,发展水平相对较高,城镇承载功能不断强化、规模不断外延,已经实现或者具有实现周围农村城镇化的可能性,是射阳县今后城镇建设用地布局的重点。其中,靠近城区和主镇区的适宜建设区可逐渐纳入城镇建设用地体系,具有一定的带头效果,对周边城镇建设用地的扩张具有辐射带动作用的城镇中心应重点发展。汲取初期城镇建设用地分散布局的经验,制定今后建设用地合理规划,促进城镇建设用地集约利用。

(2) 较适宜建设区是城镇建设用地扩张的缓冲区,在调整布局的前提下,改善基本环境,随着城镇化的发展,城镇用地的扩张,这部分地区将成为后备建设用地,对范围内已有的生态保护用地,在建设的同时应尽量保护。

(3) 较适宜保护区承担较多的生态服务功能,生态敏感区,生态承载力较弱,这部分地区在未来一定时间内可以根据当地经济发展情况进行适度挖掘,但关系到区域生态安全,主要还是以生态保护为主。严格控制城镇建设用地开发规模和强度,以农业和生态保持为主。

(4) 适宜保护区主要为盐农场,承担保障粮食安全重任,对射阳当地的发展有益,发展潜力低,对于该区域的建设可以维持现状,不再安排新增城镇建设用地,以保护和生态服务功能的满足为主。同时可以采用疏解保护模式,实行动地转移政策,尽可能减少区域人为生态环境破坏。

## 5 讨论与结论

(1) 运用 MCR 模型实现城镇建设用地生态约束等级的划分,形成了生态约束强度低、强度中等、强度高、生态障碍在内的分级结果。在数量结构上,射阳县生态约束能力低的区域与生态约束强度高区域之间面积相差 16%,总体上还是以生态保护为主,很好限制了城镇建设用地的开发。从空间分布上,不同等级强度生态约束力存在“核心—边缘”的分布现象,表

现出了阶梯式的特征,从已有城镇建设用地向外围辐射,强度逐步提高,这与社会、经济、人口、交通之间紧密相关。

(2) 采用多因素多因子综合判别法,结合统计数据空间化的基本方法,以栅格为评价单元进行城镇建设用地发展潜力分级研究,形成发展潜力强度低、强度中等、强度高的等级划分结果。总体来看,射阳县城镇建设用地发展潜力普遍较高,发展的需求旺盛。与生态约束强度分级结果对比,矛盾突出,发展潜力需求旺盛,生态保护用地形势严峻。从空间上来看发展潜力高区域以射阳县北部、中部及南部连线范围为主,与东部、西部区域等级差异明显。

(3) 在生态约束等级和发展潜力等级的基础上,运用空间关联矩阵,进行全域城镇建设用地开发适宜性分区,分为适宜保护区、较适宜保护区、较适宜建设区、适宜建设区4类,所占比率分别为 11.04%, 24.78%, 34.59%, 29.6%。适宜建设区包含大部分已有城镇建设用地,开发条件较好,较适宜建设区可以作为未来后备建设用地发展重点区域,较适宜保护区和适宜保护区肩负了区域生态服务功能,城镇建设用地布局较少,4 种类型区域配比合适,能满足今后城镇建设用地发展布局。

基于潜力—约束模型的城镇建设用地开发适宜性分区能够较科学地刻画研究区未来用地的发展趋势和空间布局,为城市与区域规划提供科学依据,是实现区域“精明增长”与“精明保护”的有效途径。但该方法不能有效预测不同时期城镇建设用地增长的情景,今后需要以用地适宜性评价为基础,融合 CA 等用地增长预测模型,引入多期数据,从时间尺度进行验证,论证开发适宜分区结果的实际效果,同时预测未来城镇建设用地增长情况。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 国家新型城镇化规划(2014—2020年)[J]. 农村工作通讯, 2014, (6): 32-48.
- [2] McHarg I L, Mumford L. Design with Nature[M]. New York: American Museum of Natural History, 1969.
- [3] 张浩,赵智杰. 基于 GIS 的城市用地生态适宜性评价研究:综合生态足迹分析与生态系统服务[J]. 北京大学学报:自然科学版, 2011, 47(3): 531-538.
- [4] 丁建中,陈逸,陈雯. 基于生态—经济分析的泰州空间开发适宜性分区研究[J]. 地理科学, 2008, 28(6): 842-848.
- [5] 祁豫玮,顾朝林. 市域开发空间区划方法与应用:以南京市为例[J]. 地理研究, 2010, 29(11): 2035-2044.
- [6] 李娜. 基于 GIS 的仪征空间开发适宜性分区研究[J]. 地域研究与开发, 2009, 28(2): 123-128.



- [8] 张登山. 青海共和盆地土地沙漠化影响因子的定量分析[J]. 中国沙漠, 2000, 20(1): 59-62.
- [9] 赵训经, 那文俊. 青海省塔拉滩草原利用方向探讨[J]. 自然资源学报, 1996, 11(3): 272-279.
- [10] Bagnold R A. The physics of wind blown sand and desert dunes[M]. London: Methuen, 1941.
- [11] Wasson R J, Hyde R. Factors determining desert dune type[J]. Nature, 1983, 304(5924): 337-339.
- [12] Livingstone I, Warren A. Aeolian Geomorphology: An Introduction[M]. Addison Wesley Longman Ltd, 1996.
- [13] Bullard J E. A note on the use of the "Fryberger method" for evaluating potential sand transport by wind[J]. Journal of Sedimentary Research, 1997, 67(3): 499-501.
- [14] Fryberger S G. Dune forms and wind regime[C]// McKee E D: A study of global sand seas, USGS Professional Paper, 1979, 1052: 137-169.
- [15] Lettau K, Lettau H. Experimental and micrometeorological field studies of dune migration[C]// Lettau K, Lettau H. Exploring the world's driest climate. Madison: University of Wisconsin Press, 1977: 110-147.
- [16] 董光荣, 高尚玉, 金炯, 等. 青海共和盆地土地沙漠化及其防治[J]. 中国沙漠, 1989, 9(1): 64-78.
- [17] 屈建军, 井哲帆, 张克存, 等. HDPE蜂巢式固沙障研制与防沙效应试验研究[J]. 中国沙漠, 2008, 28(4): 599-604.

(上接第 173 页)

- [15] 陈秀端. 陕西省粮食安全区域差异及驱动因素分析[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(8): 116-120.
- [16] 范建刚, 谢斌. 西北五省区粮食生产灰色关联比较分析[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(8): 121-125.
- [17] 刘定惠, 朱超洪. 安徽省粮食生产变化特征及其影响因素分析[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(5): 30-32, 41.
- [18] 何春花. 河南省粮食生产影响因素的量化分析与对策[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- [19] 杨忍, 任志远. 贵州省粮食安全与耕地压力时空动态变化及驱动因素分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2009, 25(2): 159-162.
- [20] 刘丽辉, 罗锋. 我国粮食综合生产能力影响因素实证分析[J]. 经济问题, 2010(10): 48-53.
- [21] 党夏宁, 吴丹晨. 陕西省粮食生产能力及影响因子分析[J]. 西安财经学院学报, 2011, 24(6): 54-58.
- [22] 范东君. 粮食产量影响因素的实证分析与贡献率测算[J]. 湖南工业大学学报, 2011, 25(5): 55-61.
- [23] 何霞, 夏建国, 龚一鸿, 等. 灰色关联分析在粮食产量影响因素分析中的应用: 以川东地区为例[J]. 中国农学通报, 2012, 28(9): 150-153.
- [24] 陈祺琪, 李君, 梁保松. 河南省粮食单产影响因素分析及变化趋势预测[J]. 河南农业大学学报, 2012, 46(2): 219-222, 236.
- [25] 安徽省统计局. 安徽统计年鉴(1996-2012)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1996-2012.
- [26] 封志明, 杨艳昭, 张晶. 中国基于人粮关系的土地资源承载力研究: 从分县到全国[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 865-875.
- [27] 唐华俊, 李哲敏. 基于中国居民平衡膳食模式的人均粮食需求量研究[J]. 中国农业科学, 2012, 45(11): 2315-2327.
- [28] 冉清红, 岳云华, 谢德体, 等. 中国耕地警戒值的测算与讨论[J]. 资源科学, 2007, 29(3): 158-164.

(上接第 181 页)

- [7] 孙伟, 陈雯. 市域空间开发适宜性分区与布局引导研究: 以宁波市为例[J]. 自然资源学报, 2009, 24(3): 402-413.
- [8] 王钊, 杨山, 王玉娟, 等. 基于最小阻力模型的城市空间扩展冷热点格局分析: 以苏锡常地区为例[J]. 经济地理, 2016, 36(3): 57-64.
- [9] Knaapen J P, Scheffer M, Harms B. Estimating habitat isolation in landscape planning[J]. Landscape & Urban Planning, 1992, 23(1): 1-16.
- [10] 叶玉瑶, 苏泳娴, 张虹鸥, 等. 生态阻力面模型构建及其在城市扩展模拟中的应用[J]. 地理学报, 2014, 69(4): 485-496.
- [11] 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[J]. 生态学报, 2010, 20(2): 421-428.
- [12] 王富喜, 毛爱华, 李赫龙, 等. 基于熵值法的山东省城镇化质量测度及空间差异分析[J]. 地理科学, 2013, 33(11): 1323-1329.
- [13] 符海月, 李满春, 陈振杰, 等. 基于关联矩阵的土地利用导向分区研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(11): 99-105.