

山区县国土空间规划协同的弹性空间测度 ——以湖南省茶陵县为例

傅丽华¹, 彭耀辉^{2*}, 谢美³, 莫振淳³, 鲁焯³, 高兴燕¹

(1. 湖南工业大学商学院, 湖南 株洲 412007; 2. 中国城市规划设计研究院厦门分院, 福建 厦门 361001;
3. 湖南工业大学城市与环境学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 县域空间是中国城乡交融最明显的空间规划基本单元, 空间发展与约束导致的用途冲突或重叠现象非常突出。论文以典型山区县湖南省茶陵县为研究对象, 建立多规协同的国土空间系统弹性评价体系, 运用土地利用区间优化及适宜性评价方法确定各类用地的弹性区间, 预测不同土地利用类型的空间转移特征, 并提出相应的弹性空间差异化管控建议。结果表明: 茶陵县域国土空间系统相关社会与经济指标的弹性贡献度较小, 弹性综合评价价值在整体上低于湖南省平均水平。不同用地类型的弹性规划区间有明显差异, 按不同用地类型弹性区间分析, 园地、林地、水域、耕地、其他农用地对茶陵县发展弹性贡献值依次降低, 分别占总面积的3.47%、2.97%、1.02%、0.90%、0.06%。不同用地弹性空间转移具有显著的带状分布特征, 呈现生态用地与农用地、建设用地与农用地、建设用地与生态用地空间等3种类型交叠, 生态用地与农用地空间交叠区最大, 占总面积的6.41%; 其次是建设用地与农用地交叠区, 占比0.97%。对不同用地类型的弹性交叠区域尤其农用地转为建设用地应加强差异化管控。弹性空间测度研究为山区县国土空间规划用途管制提供了差异化的空间管理技术方法和实证。

关键词: 国土空间; 弹性区间; 空间测度; 规划协同; 茶陵县

县域空间是城乡资源与发展要素统筹最基础的空间单元, 也是城乡空间治理面临矛盾最集中的独立单元。随着国家空间规划体系改革逐步推进, 原有各类空间规划边界在县域空间层面出现重叠或交叉, 规划指标数据相互矛盾等现象进一步凸显, 尤其是空间治理和空间结构优化难以有效实施, 不同规划体系的协同程度不高、空间规划弹性较差等问题一直未得到有效解决。

以霍林为代表的学者从生态系统结构和功能协调的角度分析系统弹性^[1], 此后弹性理论应用从生态学逐渐扩展到社会、经济、技术等相关领域。近年来, 国内外学者提出了城市规划弹性应解决为谁做、做什么、在哪做、何时做、为何做等“5w”问题^[2], 空间规划应以国土资源保护开发为重点, 构建

“多规合一”的空间规划体系, 增加强制性和约束性, 注重可操作性和规划弹性等观点被学者广泛认可^[3-5]。城乡建设中应考虑建设用地增长的可能与发展的不确定性, 注重弹性边界划定^[6], 采取主动调控与灰色用地方法划定城市弹性更新区^[7], 在县域空间规划中更应突出空间分区、边界和结构的精准性及空间管控措施的可操作性^[8]。在技术方法层面, 有运用区间优化模型确定土地利用结构弹性区间^[9], 借鉴城市可持续评价指标体系构建方法从经济、社会、工程与生态方面建立城市系统弹性评价体系^[10], 但从用地类型转变分析生态弹性变化的影响^[11]、使用人口迁徙与热力数据等大数据研究规划弹性和效率^[12]等方面, 对县域空间单元的规划协同机制尤其是弹性空间测度关注和研究较少。

收稿日期: 2019-06-19; 修订日期: 2019-09-28。

基金项目: 国家社会科学基金一般项目(18BGL179)。[Foundation: General Projects of the National Social Science Foundation of China, No. 18BGL179.]

第一作者简介: 傅丽华(1971—), 女, 湖南永州人, 博士, 教授, 研究方向为土地利用与国土空间规划。E-mail: lihuaf88@163.com

*通信作者简介: 彭耀辉(1991—), 男, 湖南常德人, 硕士, 研究方向为城乡发展与区域规划。E-mail: pengyhcn@qq.com

引用格式: 傅丽华, 彭耀辉, 谢美, 等. 山区县国土空间规划协同的弹性空间测度: 以湖南省茶陵县为例 [J]. 地理科学进展, 2020, 39(7): 1085-1094. [Fu Lihua, Peng Yaohui, Xie Mei, et al. Resilience spatial measurement of coordinated spatial planning in hilly areas: A case study of Chaling County, Hunan Province. Progress in Geography, 2020, 39(7): 1085-1094.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2020.07.002

当前国土空间规划研究需关注空间用途管制与经济协调机制。区域利益主体的土地发展权得不到有效保障,影响区域资源环境保护积极性,导致经济发展差距加大等问题^[13]。在县级国土空间规划层面应落实国土空间用途管制与自然资源开发保护的重要任务^[14],根据乡村振兴战略要求,调整关键发展要素,并形成耦合协调发展格局^[15]。本文选取湖南省茶陵县作为空间发展及保护矛盾突出的典型山区县,进行县域国土空间弹性测度研究,科学有效划定县域空间内各类用地的边界,协调各类发展与保护的诉求,促进国土空间规划的刚性与弹性结合,为区域发展与保护需求的差异化管控提供空间规划和空间治理融合的方法借鉴。

1 研究区概况与数据

1.1 研究区概况

茶陵县地处中国中部湘赣边区的罗霄山脉西麓,隶属湖南省株洲市(图1),下辖4个街道、10个镇、2个乡,2018年户籍人口64.44万人,总面积为2496.34 km²。该县处于亚热带季风湿润气候区,山地与丘陵约占全县国土总面积的3/4,土地利用类型以林地和耕地为主,是典型的山区县。2018年,茶陵县已实现脱贫摘帽,其GDP增速高于全市、全省和全国平均水平,三次产业结构中二、三产业占比不断提高,但人均生态、建设和农业用地空间分布不均衡,导致生态、生产、生活空间发展不协调,

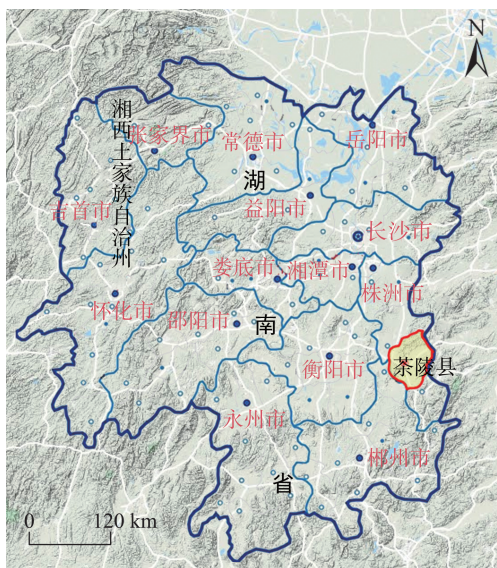


图1 茶陵县区位

Fig.1 Location of Chaling County

难以满足生态、经济和社会的高质量发展要求。

1.2 数据来源及处理

研究数据主要采用美国地质勘探局(USGS)官方网站获取的2007年与2016年30 m分辨率Landsat 8遥感影像数据,美国国家航空航天局(NASA)官方网站获取的13 m分辨率DEM高程数据。因不同空间数据的参照坐标体系不同,先用ArcGIS 10.2对栅格数据与矢量数据统一进行投影变换与地理配准,转换为Xian_1980_3Degree_GK_CM_117E坐标系,再使用Coord软件中的布尔莎模型计算各数据的空间参数,转换七参数单位后在ArcGIS 10.2中进行地理转换得到CGCS2000坐标系数据集,最后在统一空间边界范围内进行数据裁剪。此外,从自然资源和生态环境等部门获得2018年生态红线划定成果生态分区数据、环境监测数据、茶陵县总体规划(2010—2025年)及其他现状和规划数据,从统计信息网获得相应时段的茶陵县社会经济统计数据等。

2 研究方法

本文以茶陵县社会经济基础数据、遥感影像数据、环境监测数据、土地利用相关数据及其相关规划资料为基础,构建系统弹性评价体系,进行稳定性与协调度的系统弹性分析。采用区间优化模型与土地适宜性评价结合,建立土地利用结构弹性区间测算模型,进行国土空间规划的弹性测度。

2.1 多规协同的国土空间系统弹性评价

(1) 经济社会驱动因子筛选。以茶陵县2007—2016年统计年鉴数据为基础,选取GDP、城镇化率、城镇人口、农村人口、规模以上工业主营业务收入、农村居民人均可支配收入、城镇居民人均可支配收入、固定资产投资总额等8个具有显著变化的统计指标,运用主成分分析法作降维处理,找出影响土地利用结构变化的经济社会主导因子。对各因子进行特征值、累计贡献率运算,选取贡献率超过90%的因子作为主成分,再将相关指标值代入主成分载荷矩阵计算其对原始指标的载荷,得到主要驱动因子。分析结果表明,GDP、规模以上工业主营业务收入、城镇居民人均可支配收入,以及城镇人口、农村人口等相关因子可筛选为经济社会主导因子。

(2) 弹性指标体系构建。选取2016年茶陵县和

湖南省同期相关统计数据,采用通用的弹性城市评价以及土地利用发展协调度等指标选取方法,对数据进行置信度分析,分经济、社会与生态3个方面构建多层次指标体系,运用层次分析法(AHP)对相应指标进行权重赋值,主目标设定为 U ,子目标设定为 $V=\{A,B,C\}$,指标层因子集为 $V_m=\{V_{m1}, V_{m2}, \dots, V_{mn}\}$ 。构建判断矩阵,用“1~9”标度法对二级与三级指标的相对重要性比较后确定权重值,再参照相关文献对相应层级指标权重进行修正,得到3个二级指标因子、10个三级指标因子的初级权重值及排序^[10,16-17],详见表1。

(3) 系统弹性评价。采用系统综合弹性度评价公式进行计算:

$$U = \sum_{j=1}^n W_{ij} \times \text{sign}(x_{ij}) \left| \frac{x_{ij}}{k_{ij}} \right| \quad (i=A, B, C) \quad (1)$$

式中: W_{ij} 、 x_{ij} 、 k_{ij} 分别为 i 子目标的 j 项指标的权重值、

指标值、湖南省参照值及无量纲值; n 为各子目标所属指标的项数。将指标值、参照值及指标权重代入公式可得系统弹性综合弹性值 U 。

系统综合弹性值高低取决于子目标和指标的贡献度。将指标值与湖南省均值进行无量纲处理后,参照上级子目标层确定权重,得到相应子目标与指标的弹性贡献度值(表2),如为负值表示该指标为负向贡献度;从分级指标弹性贡献度分析,若该值高于湖南省平均水平,则弹性贡献度大于自身权重值,其值越大则弹性度越好,反之则弹性越差。

结果显示,将湖南省域国土空间系统弹性评价价值视为1,则茶陵县国土空间系统弹性评价价值为0.75,低于湖南省平均水平。从各子目标及指标看来,生态弹性贡献度为0.41,社会弹性贡献度仅为0.06,大多指标值低于湖南省平均水平,人均建设用地集约程度低于湖南省平均水平,因其与弹性度的

表1 茶陵县国土空间系统弹性评价指标体系

Tab.1 Resilience evaluation index system of territorial space in Chaling County

主目标	子目标及权重	指标及权重	指标值	湖南省参照值
国土空间系统弹性度(U)	生态弹性(A) 0.30	植被覆盖度(A_1) 0.14	62.00%	40.53%
		空气优良率(A_2) 0.08	78.40%	81.20%
		II类水质达标率(A_3) 0.08	100%	64.92%
	经济弹性(B) 0.40	非建设用地经济效率(B_1) 0.12	1.51 万元/hm ²	1.61 万元/hm ²
		建设用地经济效率(B_2) 0.20	80.41 万元/hm ²	149.72 万元/hm ²
		人均GDP(B_3) 0.08	2.95 万元/人	4.31 万元/人
	社会弹性(C) 0.30	人均建设用地集约度(C_1) 0.10	-0.38	-0.27
		居民人均住房面积(C_2) 0.07	72.30 m ² /人	52.00 m ² /人
		居民人均可支配收入(C_3) 0.08	17872.00 元/人	20364.00 元/人
		人均社会消费零售总额(C_4) 0.05	9891.83 元/人	18213.49 元/人

注:人均建设用地集约度=1-城乡人均建设用地面积/标准参照值,其中标准参照值根据城乡规划及村庄建设等常规标准确定。

表2 茶陵县国土空间系统弹性评价结果

Tab.2 Resilience evaluation of territorial space in Chaling County

主目标层		子目标层		指标层		
指标	弹性值	指标	弹性贡献度	指标	无量纲值	弹性贡献度
U	0.75	A	0.41	A_1	1.53	0.21
				A_2	0.97	0.08
				A_3	1.54	0.12
		B	0.28	B_1	0.94	0.11
				B_2	0.54	0.11
				B_3	0.79	0.06
		C	0.06	C_1	-1.38	-0.14
				C_2	1.39	0.10
				C_3	0.75	0.07
				C_4	0.54	0.03

影响负相关,考虑将弹性贡献度设定为负值。

2.2 基于多规划协同的弹性用地区间确定

(1) 基于多规划协同的弹性用地区间模型。因土地利用结构区间优化具有线性模型特点,符合区间线性规划模型标准,采用最优值区间模型求解。参照郭均鹏等^[18]提出的区间线性规划标准模型构建区间多目标模型,通过对 min 函数的最小最优值或最大最优值求解:

$$\min Z = \sum_{j=1}^k [c_j^+, c_j^-] \times x_j$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{j=1}^k [a_{ij}^+, a_{ij}^-] \times x_j \geq [b_i^+, b_i^-] & (i=1, \dots, l) \\ \sum_{j=1}^k [a_{ij}^+, a_{ij}^-] \times x_j = [b_i^+, b_i^-] & (j=l+1, \dots, m) \\ x_j \geq 0 & (j=1, \dots, k) \end{cases} \quad (2)$$

式中: x_j 为函数的自变量; c_j^+ 、 c_j^- 分别是自变量系数的上下限; a_{ij}^+ 、 a_{ij}^- 是约束条件式中自变量的上下限系数, b_i^+ 、 b_i^- 分别为固定约束值的上下限; k 、 l 、 m 分别表示变量的个数、约束式个数与等式个数。

当采用最优目标函数求解最小最优值时,用最大范围不等式替代各不等式约束的区间;在求解函数的最大最优值,用最差目标函数和最小范围不等式替代相应的约束区间。同理, max 函数是将 $\min Z' = -Z$ 变为标准型进行求解。

将各类规划目标年统一确定为2025年,假定以经济发展优先,区域生态功能不降低的发展原则,建立经济与生态效益最优的弹性目标函数:

$$\max f_i^\pm = \max C_{ij}^\pm X_j^\pm \quad (3)$$

式中: $i=1, 2$, $\max f_1^\pm$ 、 $\max f_2^\pm$ 分别为经济与生态效益目标; C_{ij}^\pm 为各种土地单位面积产值的区间数向量; C_{2j}^\pm 为根据生态系统服务价值相关研究^[19],对不同土地利用方式产生的服务价值进行估算; X_j^\pm 为各土地利用类型, $j=1, 2, \dots, 10$ 。

(2) 多规协同的决策变量与约束条件设置。按国家《土地利用现状分类标准》分类及土地利用总体规划要求,变量需具有显性特征且不形成交叉,并适于分析与量化表达的原则^[20],在优化模型中用 $x_1 \sim x_{10}$ 表示耕地、园地、林地、其他农用地、城镇工矿建设用地、农村居民点建设用地、交通水利设施用地、其他建设用地、水域、未利用地等10个变量。根据茶陵县经济社会发展规划及各类规划的开发

与保护的发展诉求,划定农业发展、生态保护、宜居建设、集约利用、城乡发展、开发强度、总量约束等7种约束类型,依此对各用地类型分别建立15个约束函数,进行弹性优化区间测度。

(3) 各类用地变化弹性区间限度。运用线性加权法,将经济与生态双目标函数模型变为综合单目标规划模型,结合表2中系统弹性评价结果确定经济与生态弹性目标约束函数,在LINGO中建立综合目标区间线性规划模型求解模型(表3)。

2.3 基于适宜性评价的用地弹性空间确定

(1) 评价单元确定。评价单元是开展土地适宜性分析的基础,根据山区县土地利用的空间结构特征,选定以30 m尺度为基础评价单元,相应图斑为评价底图,能满足精度要求。按功能选取对生态用地、农用地及建设用地等3类用地共12个主导因子作为土地适宜性的评价指标。参考指标构建与权重确定方法,运用AHP法对茶陵县生态、农业与建设用地适宜性指标权重调整与确定,将单因子等级划分为极适宜、非常适宜、适宜、一般适宜、不适宜5级,按9、7、5、3、1五个重要等级对适宜性赋值^[21-24],见表4。

在ArcGIS软件中对主导因子适宜性评价的相关数据进行空间叠加,再将各单一分析因子按分级表对数据进行重分类,依据权重值进行加权计算,综合分位数分段法和自然间断分段法,将各类用地的适应性评价结果分为5级,级数越高表明该用地类型的适宜性越强。

(2) 确定弹性空间值。运用线性加权法,将经济与生态双目标函数模型变为综合单目标规划模型,结合表2中系统弹性评价结果确定经济与生态弹性权重比,在LINGO中建立综合目标求解模型,计算各目标函数的期望值及各用地类型在不同适宜性分级区的优化区间值(表5)。

3 结果分析

3.1 多规协同的系统弹性区间测度

依据茶陵县域国土空间弹性度综合评价(表2)及区间优化测度结果(表6),相对基期年用地占比变化大小依次为园地(4.58%~8.04%)、林地(-2.07%~-5.03%)、农村居民点建设用地(-1.56%~-2.14%)、耕地(-0.89%~-1.79%);而从用地优化的弹性区间占总面积比看,对未来县域发展不确定性接纳贡献

表3 用地约束条件设置
Tab.3 Constraints setting of land use

约束类型	用地类型	约束函数
农业 发展	大农业用地 ($x_1 + x_2 + x_3 + x_4$)	$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq [N^a, N^b]$
	耕地 (x_1)	$x_1 \geq [G^a, G^b]$
	园地 (x_2)	$x_2 \geq [1, 1.3] \times Y$
	其他农用地 (x_4)	$Q \leq x_4 \leq 1.6Q$
生态 保护	林地 (x_3)	$x_3 \geq \sum_{i=1}^{10} x_i \times (u/[\lambda^a, \lambda^b])$
	水域 (x_9)	$x_9 \geq [0.85, 1.1] \times W_n$
宜居 建设	城镇建设用地 (x_5)	$x_5 \geq [P_1^a, P_1^b] \times m_1$
	乡村建设用地 (x_6)	$x_6 \geq [P_2^a, P_2^b] \times m_2$
集约 利用	城镇建设用地 (x_5)	$x_5 \leq [P_1^a, P_1^b] \times m_3$
	乡村建设用地 (x_6)	$x_6 \leq [P_2^a, P_2^b] \times m_4$
城乡 发展	交通用地 (x_7)	$x_7 / (x_5 + x_6) = [0.2, 0.4]$
	其他建设用地 (x_8)	$x_8 = [1, 10] \times Z_n$
	未利用地 (x_{10})	$x_{10} = [3200, 4713.85]$
开发强度		$\frac{x_5 + x_6 + x_7 + x_8}{\sum_{i=1}^{10} x_i} \leq [5\%, 7\%]$
土地总量		$\sum_{i=1}^{10} x_i = 249634.63 \text{ hm}^2$

注：[N^a, N^b]为农业用地调控区间[221000, 222000] hm^2 ，[G^a, G^b]为耕地保有量[40000, 42250] hm^2 ， Y 为基期年园地面积， Q 为基期年其他农业用地总面积，[1, 1.3]为增长区间； u 为目标年森林覆盖率(68.5%)，林地折算系数[λ^a, λ^b]定为[1.05, 1.1]； W_n 为基期年水域的总面积，[0.85, 1.1]为变化区间；目标年城镇总人口[P_1^a, P_1^b]与乡村总人口[P_2^a, P_2^b]分别为[31.72, 32.15]万人、[32.15, 32.59]万人；[m_1, m_3]、[m_2, m_4]分别为城镇人均建设用地区间[85, 105] $\text{m}^2/\text{人}$ 与乡村人均建设用地区间[200, 250] $\text{m}^2/\text{人}$ ；[0.2, 0.4]为目标年交通用地占城乡建设用地比例； Z_n 为基期年其他建设用地总面积；[1, 10]为增长比例；[3200, 4713.85] hm^2 为目标年未利用区间；[5%, 7%]为目标年县域土地开发强度。

表4 不同用地适宜性分析因子分级与权重
Tab.4 Grading and weights of factors for land use suitability analysis

用地类型	主导因子	权重	极适宜(9)	非常适宜(7)	适宜(5)	一般适宜(3)	不适宜(1)
生态用地	植被覆盖度	0.25	0.84~1.00	0.65~0.84	0.47~0.65	0.25~0.47	0~0.25
	与河流距离	0.36	<30 m	30~80 m	80~150 m	150~300 m	>300 m
	生态适宜区	0.39	极度重要区	—	重要区	—	一般区
	适宜性评价		5.11~9.00	4.04~5.11	2.98~4.04	1.97~2.98	1.00~1.97
农用地	坡度	0.27	<2°	2°~6°	6°~15°	15°~25°	>25°
	高程	0.15	47~130 m	130~169 m	169~267 m	267~452 m	452~1373 m
	与河流距离	0.16	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m
	是否为农田	0.42	是	—	—	—	否
适宜性评价		5.36~9.00	3.64~5.36	2.41~3.64	1.28~2.41	1.00~1.28	
建设用地	坡度	0.15	<2°	2°~8°	8°~15°	15°~25°	>25°
	高程	0.08	47~130 m	130~169 m	169~267 m	267~452 m	452~373 m
	缓冲区与中心村距离	0.15	建设用地	<300 m	300~500 m	500~1000 m	>1000 m
	缓冲区与县城距离	0.23	<500 m	500~1000 m	1000~1500m	1500~2000 m	>2000 m
	距主干道距离	0.09	<500 m	<1 km	1~2 km	2~3 km	>3 km
适宜性评价		6.43~9.00	5.05~6.43	3.79~5.05	2.57~3.79	1.00~2.57	

度排序依次为园地(3.47%)、林地(2.97%)、水域(1.02%)、耕地(0.90%)。

该结果较客观地反映了该县地处罗霄山片区，以丘陵山地为主的自然地理特征，农业产业发展占

主导地位、生态环境保护好的状况。其社会弹性贡献度最低,与经济发展水平、城乡居民消费水平较低,以及居民人均住房面积远超省平均水平,农村建设用地利用方式较为粗放有关;从经济弹性角度

分析,非建设用地经济效率较高,与该县农业产业主导且发展较好密切相关,但采掘业为主的产业升级和转型未能有效跟进,环境污染未得到有效改善,导致建设用地经济效率低。

3.2 土地利用的弹性空间分布特征

按用地适宜性评价等级、用地布局集中度、连片度原则等要求,设定目标年生态用地、城乡建设用地及农用地弹性区间值,划分生态用地、农业用地与建设用地等单适宜性分区(图2)。再根据生态用地重要性分区、农业用地与建设用地适宜性分区等相关值,综合进行空间叠加分析,得到各类用地适宜性分区及国土空间弹性分布图(图3、图4)。

从各类用地变化的弹性区间及空间分布可见(图3),生态用地主要位于西北与东南2大带状区域,西北以高陇镇、腰潞镇、云阳街道(云阳山国家森林公园)为核心,东南以湖口镇、桃坑乡(东阳湖湿地)为主,是重要的生态空间。土地利用空间弹性交叠区域确定空间转移面积及弹性边界其转移数量和空间分布存在差异,建设用地与农用地弹性空间交叠区总面积为 2427.36 hm², 占总面积的 0.97%;建设用地与生态用地空间交叠区总面积为 2112.63 hm², 占总面积的 0.85%;生态用地与农用地空间交叠区总面积为 15990.74 hm², 占总面积的 6.41%。建设用地与农业用地弹性空间交错分布,呈现为一横两纵的空间轴线分布,以虎踞镇至严塘镇的洙水干流区域为横轴,高陇镇至界首镇为纵向主轴,严塘镇至湖口镇的洙水支流为次轴的区域内地势平坦、水源充足,交通便利,是主要的生活居住

表5 各类用地适宜性评价分级

Tab.5 Grading of suitability evaluation for various types of land use (%)

适宜性分级	生态用地	农用地	建设用地
1级区	10.89	15.01	25.90
2级区	26.41	30.62	27.20
3级区	21.10	18.42	22.37
4级区	19.72	17.98	19.58
5级区	21.88	17.97	4.94
合计	100	100	100

表6 用地类型弹性优化区间测度

Tab.6 Constraints setting and resilience interval optimization of land use (hm²)

用地类型 决策变量	现状用地	目标下限	目标上限
耕地	44461.05	40000.00	42250.00
园地	4025.44	15448.78	24101.37
林地	168018.82	155454.30	162856.90
其他农用地	902.71	1444.34	1444.34
城镇建设用地	2697.32	2732.70	3375.69
乡村建设用地	11861.16	6517.18	7958.28
交通用地	2702.82	3243.38	4533.59
其他建设用地	115.12	991.41	1151.19
水域	10136.33	8615.88	11149.96
未利用地	4713.85	3000.00	3000.00

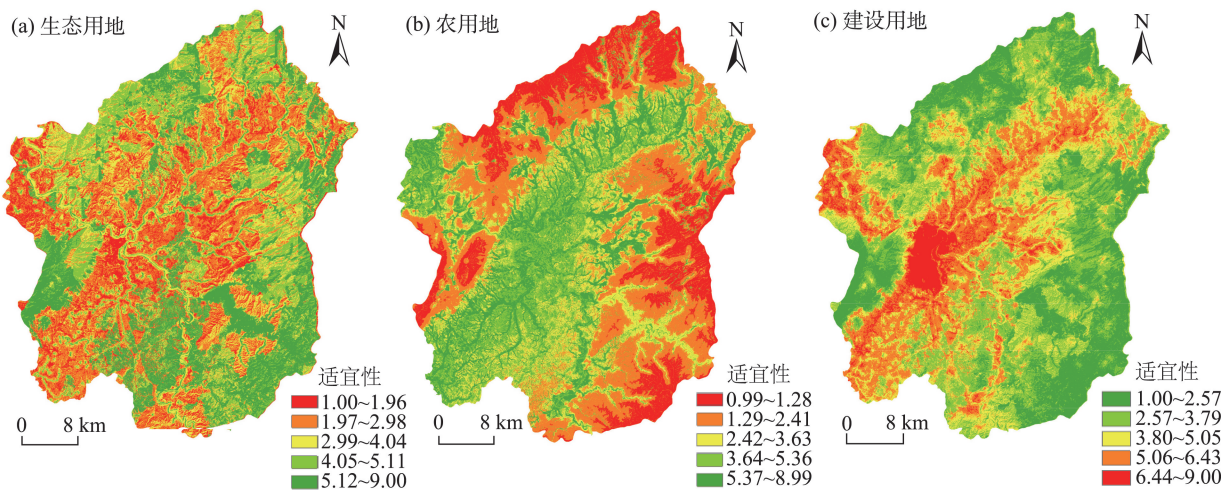


图2 用地适宜性评价分级

Fig.2 Classification and evaluation of land use suitability

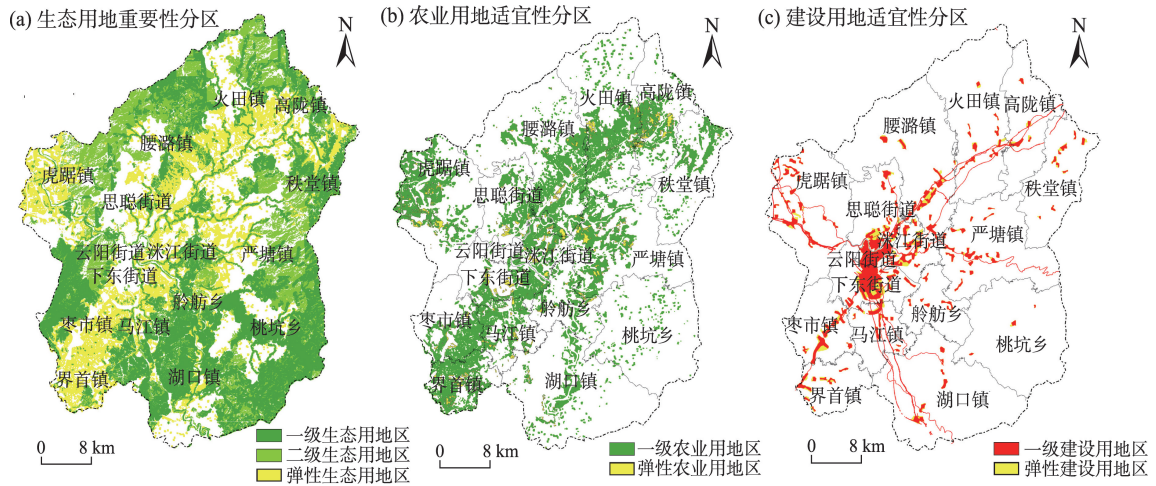


图3 各功能用地适宜性分区

Fig.3 Suitability zoning maps of different functional types of land

和农业生产空间。生态弹性区在3类弹性空间中面积最大,主要分布于严塘镇、高陇镇及界首镇,且紧邻农业用地,整体连续性较好。农用地弹性区主要分布于县城中部的沱江街道与严塘镇,以及东北部的高陇镇。建设用地弹性空间分布与人口聚居区、主要交通干线区保持一致,且集中度越高,弹性区间越大。

3.3 不同用地类型的弹性空间转移特征

图4显示,各类弹性区域的空间分布显示生态用地与农用地产生交叠较多,空间弹性转移限制条件较少。从空间分布看,在县城以外的其他区域,建设用地与生态用地交叠,主要是因为新增建设用地多为生态用地转化而来。农用地弹性区与建设用地交叠,主要是农用地转为建设用地,在土地集约利用的前提下应加强管控。城镇空间作为主要的居民生活空间以及二、三产业发展的生产空间,受国土空间用途管制政策对建设用地弹性管控的约束作用,在不同土地利用转移时产生的叠加利益诉求多,导致用地转移不确定性高,弹性区间变化幅度较大;但在其他区域由于人口集聚与建设规模相对较小,发展不确定因素少,因而弹性区间变化较小。

4 结论与讨论

当前中国国土空间规划在县、乡层面出现较多的“规划盲区”,在开发与保护等空间发展与空间约束方面存在较多的冲突和部分重叠,以及开发无序

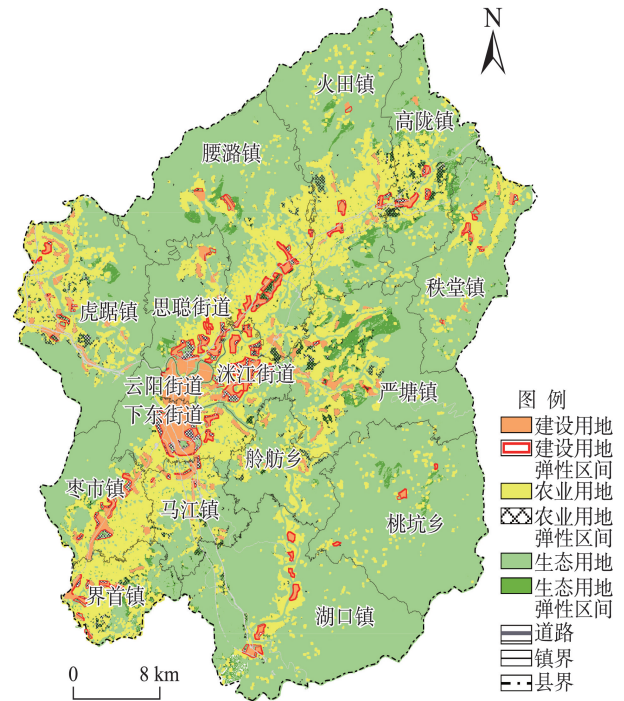


图4 土地利用弹性空间分布

Fig.4 Spatial distribution of resilience of land use

和保护不力等问题。确定县域空间规划用地的弹性边界,既解决了国土空间开发与保护的空间诉求矛盾,又提供了空间规划和空间治理的差异化管控方法。本文选择湖南省株洲市茶陵县作为典型山区县域空间研究单元,以系统弹性区间和基于适宜性评价的弹性空间测度分析为依据,综合山区县自然地理特征、社会经济发展水平、不同决策主体的利益博弈等多种空间与非空间因素,分析得出了不同用地类型的弹性空间分布及转移特征。结果显

示,茶陵县城镇空间用地转移不确定性高,弹性区间变化幅度较大,进一步根据弹性空间测度分析结果划分相应弹性规划区域,提出不同用地的弹性交叠区域应差异化管控,尤其是农用地转为建设用地需依据弹性空间划定进行严格管控等建议。本文为制定县域国土空间开发与保护策略,落实用途管制规则和建设管控要求提供了科学依据,为乡村振兴战略的精准实施提供了差异化的空间管理借鉴。

弹性空间测度研究应进一步加强与“三区三线”划定的有机结合。一要更好地为生态空间、生产空间、生活空间等“三区”空间划定提供空间治理和差异管控的依据;二要突出生态保护红线、耕地保护红线、城市开发边界等“三线”的底线管控,通过各类规划协同的系统弹性区间要素优化配置,约束并塑造空间格局,实现区域管控与要素管控联动。县域空间作为多规协同的基本单元,应为国家发展规划落地实施提供空间保障。为有效促进经济社会发展格局、城镇空间布局、产业结构调整与资源环境承载能力相适应,可结合弹性空间测度研究探索“科学留白”机制,对于暂未确定合理空间用途的用地,可暂不明确规划用地性质,预留足够的研究论证时间。

参考文献(References)

- [1] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems [J]. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 1973, 4(4): 1-23.
- [2] Meerow S, Newell J P, Stults M. Defining urban resilience: A review [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2016, 147: 38-49.
- [3] 严金明, 陈昊, 夏方舟. “多规合一”与空间规划: 认知、导向与路径 [J]. *中国土地科学*, 2017, 31(1): 21-27. [Yan Jinming, Chen Hao, Xia Fangzhou. Direction and path of future spatial planning based on the background of multiple planning integration. *China Land Science*, 2017, 31(1): 21-27.]
- [4] 陈雯, 孙伟, 陈江龙. 我国市县规划体系矛盾解析与“多规合一”路径探究 [J]. *地理研究*, 2017, 36(9): 1603-1612. [Chen Wen, Sun Wei, Chen Jianglong. Decoding the conflicts within the planning system and approaches to multi-plan integration at the county and municipal level in China. *Geographical Research*, 2017, 36(9): 1603-1612.]
- [5] 张骏杰, 高延利, 蔡玉梅, 等. 基于“多规合一”的市级国土空间优化方法: 以烟台市为例 [J]. *地理科学进展*, 2018, 37(8): 1045-1054. [Zhang Junjie, Gao Yanli, Cai Yumei, et al. Spatial optimization on the municipal level based on "multiple planning integration": A case study of Yantai City. *Progress in Geography*, 2018, 37(8): 1045-1054.]
- [6] 胡飞, 何灵聪, 杨昔. 规土合一、三线统筹、划管结合-武汉城市开发边界划定实践 [J]. *规划师*, 2016, 32(6): 31-37. [Hu Fei, He Lingcong, Yang Xi. Urban planning and land use plan integration, three lines coordination, planning and management combination: Wuhan urban development boundary practice. *Planners*, 2016, 32(6): 31-37.]
- [7] 王子强, 祁鹿年. 弹性用地思想导向下的用地功能更新研究: 以苏州工业园区为例 [J]. *现代城市研究*, 2017, 31(2): 114-119. [Wang Ziqiang, Qi Lunian. Study on the land use function to update ideas under the guidance of flexible land uses: A case study of Suzhou Industrial Park. *Modern Urban Research*, 2017, 31(2): 114-119.]
- [8] 高国力. 我国市县开展“多规合一”试点的成效、制约及对策 [J]. *经济纵横*, 2017, 33(10): 41-46. [Gao Guoli. The effects, constraints and countermeasures of multi-plans integration pilot project in China's cities and counties. *Economic Review Journal*, 2017, 33(10): 41-46.]
- [9] 李鑫, 欧名豪, 严思齐. 基于区间优化模型的土地利用结构弹性区间测算 [J]. *农业工程学报*, 2013, 29(17): 240-247. [Li Xin, Ou Minghao, Yan Siqui. Calculation of elastic interval of land use structure based on interval optimization model. *Transactions of the CSAE*, 2013, 29(17): 240-247.]
- [10] 刘江艳, 曾忠平. 弹性城市评价指标体系构建及其实证研究 [J]. *电子政务*, 2014, 11(3): 82-88. [Liu Jiangyan, Zeng Zhongping. Establishment and empirical study of flexible city evaluation index system. *E-Government*, 2014, 11(3): 82-88.]
- [11] 廖柳文, 秦建新, 刘永强, 等. 基于土地利用转型的湖南省生态弹性研究 [J]. *经济地理*, 2015, 35(9): 16-23. [Liao Liuwen, Qin Jianxin, Liu Yongqiang, et al. Study on ecological elasticity of Hunan Province based on land use transition. *Economic Geography*, 2015, 35(9): 16-23.]
- [12] 袁源, 王亚华, 周鑫鑫, 等. 大数据视角下国土空间规划编制的弹性和效率理念探索及其实际应用 [J]. *中国土地科学*, 2019, 33(1): 9-16. [Yuan Yuan, Wang Yahua, Zhou Xinxin, et al. Conceptual exploration and practical application on flexibility and efficiency of territory spatial planning making from the perspective of big data. *China Land Science*, 2019, 33(1): 9-16.]
- [13] 余亮亮, 蔡银莺. 国土空间规划管制与区域经济协调发展研究: 一个分析框架 [J]. *自然资源学报*, 2017, 32(8): 1445-1456. [Yu Liangliang, Cai Yinying. Research on

- spatial regulation of land use planning and coordinated development of regional economy: An analytical framework. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(8): 1445-1456.]
- [14] 陈铭. 新时代县级国土空间规划编制的几点思考 [J]. *浙江国土资源*, 2019, 35(1): 32-34. [Chen Ming. Thoughts on the compilation of county-level territorial spatial planning in the new era. *Zhejiang Land & Resources*, 2019, 35(1): 32-34.]
- [15] 龙花楼, 张英男, 屠爽爽. 论土地整治与乡村振兴 [J]. *地理学报*, 2018, 73(10): 1837-1849. [Long Hualou, Zhang Yingnan, Tu Shuangshuang. Land consolidation and rural vitalization. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(10): 1837-1849.]
- [16] 张富刚, 郝晋珉, 李旭霖, 等. 县域土地利用协调发展度评价: 以河北省曲周县为例 [J]. *水土保持通报*, 2005, 25(2): 63-68. [Zhang Fugang, Hao Jinmin, Li Xulin, et al. Evaluation of coordinated development degree of land use at county scale: A case study at Quzhou County of Hebei Province. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2005, 25(2): 63-68.]
- [17] 秦伟山, 廖和平, 张春柱, 等. 县域土地利用协调度研究: 以重庆市璧山县为例 [J]. *中国农学通报*, 2010, 26(19): 344-348. [Qin Weishan, Liao Heping, Zhang Chunzhu, et al. Evaluation of coordinated degree of land use at county scale: A case study at Bishan County of Chongqing City. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(19): 344-348.]
- [18] 郭均鹏, 李汶华. 区间线性规划的标准型及其最优值区间 [J]. *管理科学学报*, 2004, 17(3): 59-63. [Guo Junpeng, Li Wenhua. Standard form of interval linear programming and its optimal objective interval value. *Journal of Management Sciences in China*, 2004, 17(3): 59-63.]
- [19] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法 [J]. *自然资源学报*, 2008, 23(5): 911-919. [Xie Gaodi, Zhen Lin, Lu Chunxia, et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23(5): 911-919.]
- [20] 杨琳. 土地利用弹性规划研究 [D]. 上海: 同济大学, 2008. [Yang Lin. Research of flexible land-use planning. Shanghai, China: Tongji University, 2008.]
- [21] 李茂森, 王继军, 陈超, 等. 基于GIS的安塞县县南沟流域农用地生态适宜性评价 [J]. *水土保持研究*, 2018, 25(1): 237-242. [Li Maosen, Wang Jijun, Chen Chao, et al. Ecological suitability evaluation of agricultural land in Xiannangou Watershed of Ansai using GIS system. *Research of Soil and Water Conservation*, 2018, 25(1): 237-242.]
- [22] 谭少军, 邵景安. 基于生态适宜性评价的西南丘陵区土地整治工程布局研究 [J]. *地理研究*, 2018, 37(4): 659-677. [Tan Shaojun, Shao Jing'an. Land consolidation project layout based on ecological suitability evaluation in hilly areas of Southwest China. *Geographical Research*, 2018, 37(4): 659-677.]
- [23] 张荣群, 王大海, 艾东, 等. 基于生态位和“反规划”思想的城市土地开发适宜性评价 [J]. *农业工程学报*, 2018, 34(3): 258-264. [Zhang Rongqun, Wang Dahai, Ai Dong, et al. Suitability evaluation of urban land development based on niche and anti-planning. *Transactions of the CSAE*, 2018, 34(3): 258-264.]
- [24] 丁雨琛, 冯长春, 王利伟. 山地区域土地生态红线划定方法与实证研究: 以重庆市涪陵区义和镇为例 [J]. *地理科学进展*, 2016, 35(7): 851-859. [Ding Yuchen, Feng Changchun, Wang Liwei. Determination of ecological red line of mountainous areas: A case study of Yihe Town in Chongqing Municipality. *Progress in Geography*, 2016, 35(7): 851-859.]

Resilience spatial measurement of coordinated spatial planning in hilly areas: A case study of Chaling County, Hunan Province

FU Lihua¹, PENG Yaohui^{2*}, XIE Mei³, MO Zhenchun³, LU Chan³, GAO Xingyan¹

(1. College of Business, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, Hunan, China;

2. Xiamen Branch of China Academy of Urban Planning and Design, Xiamen 361001, Fujian, China;

3. College of Urban and Environment, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, Hunan, China)

Abstract: County space is the basic unit of spatial planning that shows the greatest urban and rural integration in China. The conflicts or overlaps between spatial development and spatial constraint are particularly prominent in county level territorial spatial planning. Chaling County is a typical hilly area in Hunan Province. Based on land use suitability evaluation and resilience spatial measurement, this study developed a land use resilience evaluation system in typical hilly areas, examined the resilience range of various types of land, spatial transfer of different land use types, and the resilience interval and spatial measurement of different land use types in order to analyze the characteristics of the spatial transfer of resilience space and optimization. The results show that the comprehensive evaluation values of land use structure resilience in Chaling County is lower than the average level of Hunan Province, with low contribution of social and economic resilience. Ecological land has the greatest influence on resilience space. From the perspective of resilience range, the largest contribution to future uncertainty county-wide is from woodland (2.97%), garden land (3.47%), cultivated land (0.90%), and water area (1.02%), and the smallest is from other agricultural land (0.06%) and nature reserve land. The spatial resilience transfer of different land use types shows significant zonal distribution characteristics. The largest overlapping area is ecological land and agricultural land, accounting for 6.41% of the total area, followed by construction land and agricultural land, accounting for 0.97% of the total. It is necessary to strengthen differentiated management and control for the resilience overlapping areas of different land use types, especially the transfer from agricultural land to construction land. This study not only provides some support for county territorial spatial planning and resilience interval from a multi-planning coordination perspective, but also contributes a case reference for similar regional management and control measures.

Keywords: territorial space; resilience interval; spatial measurement; coordinated planning; Chaling County