

# 滇中城市群城镇化与资源环境承载力耦合协调研究

李琛, 吴映梅, 高彬嫔

(云南师范大学 地理学部, 昆明 650500)

**摘 要:**为揭示城镇化与资源环境承载力协调发展的内在规律,对城市群高质量发展提供支持,以滇中城市群为例,运用耦合协调度模型及空间自相关等分析方法,对 2000 年、2010 年、2018 年城镇化与资源环境承载力耦合协调空间演变特征进行了分析。结果表明:(1) 2000—2018 年城镇化水平指数均值由 0.149 升至 0.359,在空间上由“单核心”发展转变为“一主四副”的发展格局。资源环境承载力水平先下降后上升,各年均值为 0.406,0.402,0.442,其空间分布的内部差异较大。(2) 研究区耦合协调度均值由 0.482 上升至 0.621,在空间上呈“西北低、东南高”的分布格局;其 Moran's  $I$  大于 0.42,表现出较强的空间集聚性。(3) 研究期内,耦合协调度与城镇化水平、资源环境承载力的空间相关程度较强,但呈现下降趋势。城镇化在协调发展中占主导作用。城镇化与资源环境承载力存在空间负相关关系,二者双变量 Moran's  $I$  由 -0.069 降至 -0.211,空间差异增大。通过有针对性的提高在空间关系中较弱的一方,进而实现滇中城市群城镇化与资源环境承载力的协调发展。

**关键词:**城镇化; 资源环境承载力; 耦合协调; 演变特征; 滇中城市群

中图分类号:F291.1; F061.5

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2022)02-0389-09

## Research on Coupling and Coordination of Urbanization and Resources and Environmental Carrying Capacity in City Agglomeration of Central Yunnan

LI Chen, WU Yingmei, GAO Binpin

(Faculty of Geography, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China)

**Abstract:** In order to reveal the pattern of coordinated development of urbanization and resources and environment carrying capacity and provide support to the high-quality development of urban agglomerations, taking the central Yunnan urban agglomeration as an example, we used the coupled coordination degree model and spatial autocorrelation and other analysis methods to analyze the spatial evolution characteristics of coupled coordination between urbanization and resources and environmental carrying capacity in 2000, 2010 and 2018. The results show that: (1) the average value of urbanization level index increased from 0.149 in 2000 to 0.359 in 2018, and the spatial development pattern changed from a single-core development in Kunming's jurisdiction to a development pattern of one main center and four secondary centers; the average value of resources and environment carrying capacity level decreased and then increased, and the average value of each year was 0.406, 0.402 and 0.442, and the internal differences of its spatial distribution were large; (2) the mean value of coupling coordination degree in the study area increased from 0.482 to 0.621, with a spatial distribution pattern of low in the northwest and high in the southeast; its Moran's  $I$  was greater than 0.42, showing strong spatial agglomeration; (3) during the study period, the spatial correlation between the coupling coordination degree, urbanization level, and resource and environmental carrying capacity was strong, but showed a decreasing trend; urbanization played the dominant role in the coordinated development; there was a negative spatial correlation between urbanization and resources and environment carrying capacity, and the bivariate Moran's  $I$  of the two decreased from -0.069 to -0.211, the spatial difference increased. By target-

收稿日期:2021-01-28

修回日期:2021-03-01

资助项目:国家自然科学基金“云南山地资源梯度开发与贫困农户生计耦合发展机理研究”(41761037)

第一作者:李琛(1998—),男,云南昆明人,硕士研究生,研究方向为区域经济开发与管理。E-mail:lichen5112@qq.com

通信作者:吴映梅(1968—),女,云南昆明人,博士,教授,博士生导师,主要从事区域经济与地方发展研究。E-mail:wuyingmei@hotmail.com

ting to improve the weaker side in the spatial relationship, the coordinated development of urbanization and resources and environmental carrying capacity of the central Yunnan urban agglomeration can be realized.

**Keywords:** urbanization; resources and environment carrying capacity; coupling and coordination; evolution characteristics; central Yunnan urban agglomeration

21 世纪以来,中国城镇化进入城市群和都市圈时代,城镇化水平不断提升,城市群格局基本形成。2019 年中国城镇化水平首次超过 60%,高于世界平均水平,在改革和创新中走出了一条区域经济发展和产业布局紧密衔接的新型城镇化道路<sup>[1]</sup>。城市群作为国家新型城镇化的空间主体,在我国社会生产力空间布局中承担着增长极和战略支撑点的重要作用,但快速发展过程中造成的生态环境破坏、空间拓展无序等问题,对资源环境承载力造成了极大的挑战<sup>[2-3]</sup>。因此,揭示遵循自然规律的资源环境演变过程和遵循人文规律的城镇化发展过程的耦合机理,提出与资源环境承载力相协调的城市群可持续发展的整体优化方案,对实现新型城镇化和打造集约高效、健康可持续发展的城市群具有重要意义<sup>[4]</sup>。

在研究城镇化与资源环境协调关系问题上,学者们逐渐从城镇化与单一环境要素的关系探讨向综合环境要素与城镇化的关系研究转变,由静态机理分析转向时间序列的动态特征分析。1995 年学者 Grossman 等<sup>[5]</sup>基于研究人均收入与环境指标的关系提出了城镇化与生态环境的环境库兹涅茨假设(EKC),即二者的发展关系呈倒“U”字型;Onafowora 等<sup>[6]</sup>则利用 ARDL 边界测试方法对环境库兹涅茨假设在巴西、中国、日本等国家进行实证分析,以此探索城镇发展与生态环境的关系;Rasoolimanesh 等<sup>[7]</sup>梳理了城镇化协调发展的概念并提出发展中城镇的协调发展策略;Almeida 等<sup>[8]</sup>则在驱动力—压力—状况—暴露—效应—干预的框架下(DPSEA)综合选取指标分析经济增长对环境的影响。国内对城镇化与资源环境的耦合协调研究主要集中于城镇化与资源环境耦合理论的构建<sup>[9]</sup>、相互作用机制<sup>[10]</sup>以及耦合协调发展的空间演变等<sup>[11]</sup>方面;并利用双曲线模型<sup>[12]</sup>、灰色关联模型<sup>[13]</sup>、耦合协调度模型<sup>[14]</sup>、脱钩分析模型<sup>[15]</sup>、结合 MCR 与电路理论方法<sup>[16]</sup>对生态环境建设与城镇化发展的发展规律、空间布局等进行研究。但总体上看,已有的研究存在两点不足,一是以国内城市群尺度的相关研究较少,且研究成果多集中于东部、中部等发展较好的城市群,对欠发达地区或者发展相对滞后的城市群的研究较少,亟需对边疆、高原山地地区城市群城镇化与资源环境耦合协调问题开展研究。二是鲜有对耦

合协调度与城镇化、资源环境承载力三者之间空间相关性的研究,三者间的空间相关性是探索城市群城镇化与资源环境承载力协调发展的重要方面。中国现有的 19 个城市群中城镇化发展水平都存在较大差异,资源环境条件和所面临的发展问题更是复杂多样,导致二者出现不同的耦合协调特征,因此更加需要对每一个城市群结合自身特点进行研究<sup>[17]</sup>。

滇中城市群位于“一带一路”和长江经济带的交汇区域,是全国“两横三纵”城镇化战略格局的重要组成部分,是西部大开发的重点区域,也是云南省生态文明建设排头兵、面向南亚东南亚辐射中心的核心区,在国家开发开放格局中具有重要的战略地位。2009 年云南省政府编制《云南省滇中城市经济圈区域协调发展规划(2009—2020 年)》和 2020 年 8 月云南省政府印发《滇中城市群发展规划》中明确提出“构建适应资源环境承载能力的空间格局,发挥区位优势,构建改革开放新格局,开启边疆繁荣稳定新征程,建设面向南亚东南亚开放的门户城市群”。目前,滇中城市群处于城镇化快速发展阶段,是云南省新型城镇化的主体形态和现代化建设的重要载体,然而快速城镇化对区域资源环境承载力带来巨大压力,城镇化与资源环境协调发展的也越来越突出。本文以滇中城市群为例,研究 2000—2018 年城镇化与资源环境承载力及其耦合协调关系的时空演变特征,揭示城镇化与资源环境承载力协调发展的内在规律,以期对滇中城市群城镇化高质量发展提供思路,为其他同类城市群城镇化与资源环境协调发展提供借鉴,推动城市群可持续发展和区域经济高质量发展,对于丰富城市群城镇化与资源环境承载力研究具有一定的理论与实践意义。

## 1 研究区概况

滇中城市群位于我国西南部( $22^{\circ}59'34''$ — $27^{\circ}3'19''$ N,  $100^{\circ}43'7''$ — $104^{\circ}49'40''$ E),是全国 19 个城市群中集边疆、民族、高原山区于一体的特色城市群。根据 2020 年云南省人民政府印发的《滇中城市群发展规划》,范围包括昆明市、曲靖市、玉溪市、楚雄州全境及红河州北部 7 个县区(蒙自市、个旧市、建水县、开远市、弥勒市、泸西县、石屏县),共 49 个县市区。

国土面积 11.14 万 km<sup>2</sup>,2018 年末常住人口 2 127 万人,地区生产总值 1.02×10<sup>4</sup> 亿元,一二三产业分别占全省的 28.3%,44.1%,61.6%,是云南省新型城镇化发展的核心区域。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文社会经济数据及年降水量来源于 2000—2018 年《云南省统计年鉴》、《中国县域统计年鉴》及《中国城市统计年鉴》,土地利用数据主要来源于 Globeland 30 全球地表覆被数据库(<http://www.globallandcover.com>),植被指数、净第一生产力来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>),DEM 数据来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>),PM2.5 数据来源于达尔豪斯大学大气成分分析组([http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/?page\\_id=140#V4.CH.03](http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/?page_id=140#V4.CH.03)),部分数据参考《滇中城市群规划》及各州县《国民经济和社会发展统计公告》。

2.2 指标体系构建及研究方法

2.2.1 指标体系 城镇化是人口、经济、社会、空间等各个方面的结构性的变化,特别是高质量的城镇化更是需要考虑多方面的因素。借鉴前人的研究结果<sup>[18-20]</sup>,结合地区实际情况,从人口、经济、社会、空间和资源、环境承载力 6 个方面构建滇中城市群城镇化及资源环境承载力指标体系(表 1)。为便于数据分析,使不同的数据之间具有可比性和参考性,利用极差标准化法对所有变量数据进行处理,并利用客观赋权评价法——熵值法确定指标权重,计算城镇化综合指数和资源环境承载力综合指数计算公式如下<sup>[21]</sup>:

$$UI=\sum_{i=1}^n w_i u_i \tag{1}$$

$$RI=\sum_{j=1}^n w_j u_j \tag{2}$$

式中:UI 为城镇化综合指数;RI 为资源环境承载力指数, $w_i,u_i$  分别为城镇化指标权重和标准化值; $w_j,u_j$  分别为资源环境承载力指标权重和标准化值; $n=49$ ,为本文所研究的 49 个县市区。

表 1 滇中城市群城镇化及资源环境承载力评价指标体系

目标层	准则层	评价指标	指标性质	权重
城镇化	人口城镇化	城镇人口规模(万人)	+	0.1058
		城镇人口比重(%)	+	0.1312
		人均 GDP(万元/人)	+	0.0950
	经济城镇化	地区生产总值(万元)	+	0.0634
		二、三产业比重(%)	+	0.1075
		人均财政收入(元/人)	+	0.0670
		单位建设面积固定资产投资(元/m <sup>2</sup> )	+	0.0964
	社会城镇化	中小學生人数(人)	+	0.0745
		消费品零售额(万元)	+	0.0669
		医疗卫生机构床位数(床)	+	0.0661
	空间城镇化	人均建设用地面积(m <sup>2</sup> )	+	0.0835
		建设用地人口密度(人/m <sup>2</sup> )	—	0.0427
		耕地占比(%)	+	0.1296
	资源承载力	建设用地占比(%)	+	0.0500
		森林覆盖率(%)	+	0.1127
水资源占地比例(%)		+	0.1021	
人均耕地面积(hm <sup>2</sup> /人)		+	0.0898	
人均粮食产量(kg/人)		+	0.0605	
人均发电量(kW·h/人)		+	0.0237	
资源环境承载力	平均海拔(m)	—	0.0938	
	平均坡度(°)	—	0.0725	
	地形起伏度	—	0.0540	
	环境承载力	年降水量(mm)	+	0.0442
	净第一性生产力(kg C/m <sup>2</sup> )	+	0.0488	
	植被覆盖指数	+	0.0611	
	PM2.5(mg/m <sup>3</sup> )	—	0.0573	

2.2.2 研究方法

(1) 耦合协调度模型。耦合是在物理学中常用来描述各系统相互影响的程度,再利用耦合协调度模型,定量测度滇中城市群城镇化与资源环境承载力的协调程度,公式如下<sup>[22]</sup>:

$$C=\left[UI\times\frac{RI}{\left(\frac{UI+RI}{2}\right)^2}\right]^{\frac{1}{2}}\tag{3}$$

$$D=\sqrt{C\times T},T=\alpha UI+\beta RI\tag{4}$$

式中: $C$  为滇中城市群城镇化与资源环境承载力的耦合度; $D$  为耦合协调度; $T$  为城镇化与资源环境承载力的综合协调指数; $\alpha,\beta$  分别为城镇化和资源环境承载力的贡献程度,考虑到二者贡献度不分彼此,此处取  $\alpha=\beta=0.5$ 。将耦合协调度值划分为 6 个协调类型(表 2)。

表 2 城镇化与资源环境承载力耦合协调度分类标准

$D$ 值	类型
$0\leq D\leq 0.2$	严重失调衰退型
$0.2<D\leq 0.4$	中度失调衰退型
$0.4<D\leq 0.5$	濒临失调衰退型
$0.5<D\leq 0.6$	勉强协调发展型
$0.6<D\leq 0.7$	中度协调发展型
$0.7<D\leq 1$	高度协调发展型

(2) 空间自相关模型。空间自相关是对空间单元属性值聚集程度的一种度量,目的是在空间上测度某区域属性值是否与其邻近区域存在相关性,包括全局空间自相关与局部空间自相关。本文利用 GeoDa 软件以 49 个县市区为分析空间单元,采用全局空间自相关模型(公式 5)描述城镇化与资源环境承载力耦合协调度的整体分布状况,判断耦合协调度在空间上是否存在集聚性<sup>[23]</sup>;运用局域 Getis-Ord  $G^*$  指数法(公式 6—7)描述城镇化与资源环境承载力耦合协调度高值聚集及低值聚集的空间集聚特征,运用双变量空间自相关(公式 8),分析耦合协调度、城镇化与资源环境承载力之间的空间相关性程度<sup>[24]</sup>。

$$\text{Moran's } I=\frac{n\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^nW_{ij}(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})}{\left(\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^nW_{ij}\right)\sum_{i=1}^n(x_i-\bar{x})^2}\quad (i\neq j)\tag{5}$$

$$G_i^*=\frac{\sum_{j=1}^nW_{ij}x_j}{\sum_{j=1}^nx_j}\tag{6}$$

$$Z(G_i^*)=\frac{G_i^*-E(G_i^*)}{\sqrt{\text{var}(G_i^*)}}\tag{7}$$

$$\text{Moran's } I_{zy}^a=\frac{X_y^a-\bar{X}_y}{d_y}\sum_{c=1}^nW_{ac}\frac{X_z^c-\bar{X}_z}{d_z}\quad (a\neq c)\tag{8}$$

式中: $n$  为研究单元数量县市区数量; $x_i$  和  $x_j$  分别为城市  $i$  和  $j$  的耦合协调度水平; $\bar{x}$  为耦合协调度的均值; $W_{ij}$  为 Queen 邻接的空间权重矩阵; $E(G_i^*)$ ,  $\text{var}(G_i^*)$  分别为  $G_i^*$  的期望与方差,当  $Z$  值显著大于 0 时,表示第  $i$  个研究单元周围都是高值,为热点区,反之则为冷点区。Moran's  $I_{zy}^a$  为评价指标  $z$  和  $y$  的双变量空间自相关指数; $X_y^a$  是空间单元  $a$  的评价指标  $y$  的值; $X_z^c$  是空间单元  $c$  的评价指标  $z$  的值; $\bar{X}_y$  和  $\bar{X}_z$  分别是评价指标  $y$  和  $z$  的平均值; $d_y$  和  $d_z$  分别是评价指标  $y$  和  $z$  的方差; $W_{ac}$  为空间单元  $a$  和  $c$  之间的空间连接矩阵。

3 结果与分析

3.1 城镇化与资源环境承载力时空演变分析

根据滇中城市群城镇化与资源环境承载力评价指标体系及公式(1)—(2),通过 ArcGIS 10.8 制作滇中城市群 2000 年、2010 年和 2018 年 49 个县市区城镇化综合指数和资源环境承载力综合指数分布图(图 1—2)。整体来看,滇中城市群 2000 年、2010 年、2018 年城镇化指数均值分别为 0.149、0.197、0.359,整体呈现上升趋势。分阶段看,2000 年滇中城市群城镇化综合指数偏低,18 个县市区的城镇化综合指数处于 0~0.1,21 个县市区的城镇化综合指数处于 0.1~0.2,在空间上形成了以昆明市老城区(五华区、西山区、官渡区和盘龙区)为中心的单核发展格局。2010 年滇中城市群城镇化水平得到一定的发展,但总体发展缓慢;33 个县市区城镇化综合指数处于 0.1~0.2,15 个县市区城镇化综合指数大于 0.2,大部分区域的城镇化指数仍处于较低水平,在空间上逐渐形成了以昆明市老城区为中心,各州市市辖区为次中心的发展格局;2018 年滇中城市群城镇化水平迅速发展,与 2010 年相比均有大幅增长。无县市区城镇化综合指数低于 0.2,22 个县市区的城镇化综合指数处于 0.2~0.3,12 个县市区城镇化综合指数高于 0.4,各县区均得到了迅速的发展,大部分区域的城镇化综合指数发展为中高水平。在空间上形成了以“一主四副”的发展格局,构建成昆明主中心和曲靖、玉溪、楚雄、蒙自 4 个副中心,总体形成“中心引领、协同支撑”的空间格局。滇中城市群城镇化水平的迅速发展,一方面是由于 2011 年云南省人民政府正式批复同意《滇中城市群规划(2009—2030 年)》,城市之间经济联系进一步得到加强,促使各城市协同发展;另一方面,随着 2013 年国家“一带一路”实施,滇中城市群面向南亚、东南亚开放的区位优势进一步凸显,迎来了快速发展的战略机遇期。



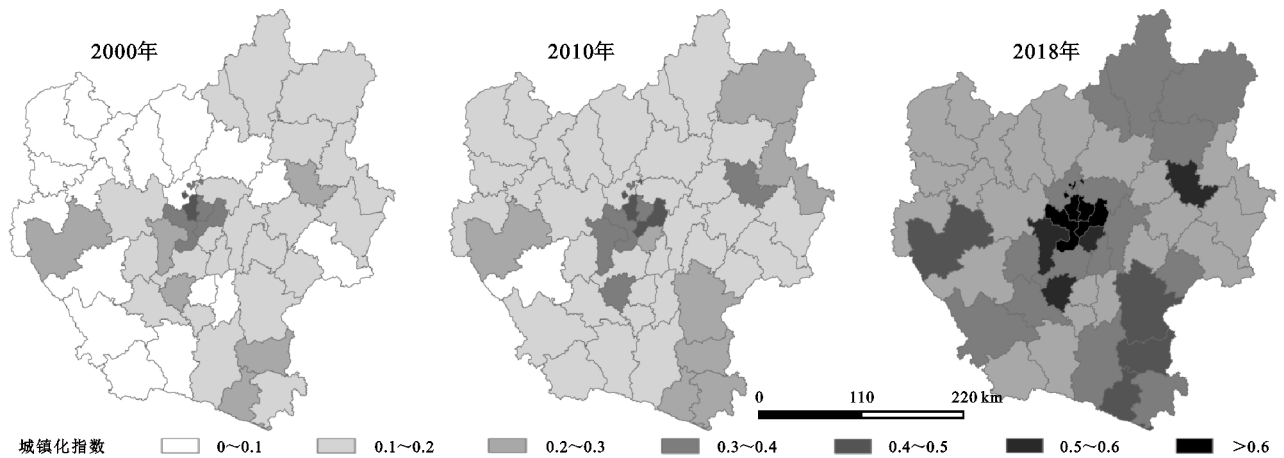


图 1 滇中城市群城镇化时空格局演变

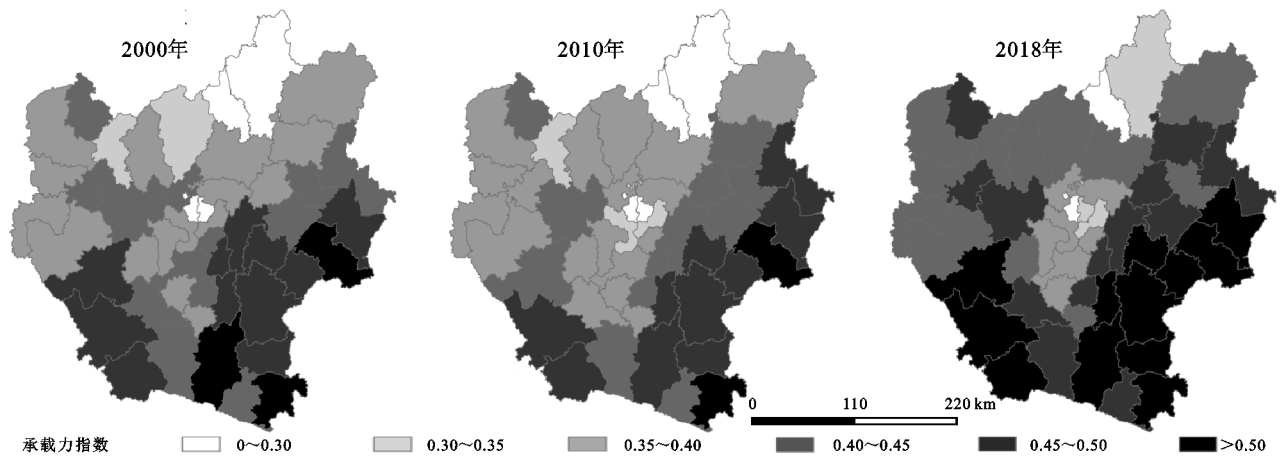


图 2 滇中城市群资源环境承载力时空格局演变

滇中城市群 2000 年、2010 年、2018 年资源环境承载力指数均值分别为 0.406, 0.402, 0.442, 整体呈现先下降后上升的“U”型发展, 这与大多数学者研究结果一致<sup>[25-26]</sup>。由图 2 可知, 滇中城市群资源环境承载力空间分布的内部差异巨大, 呈现出以“宣威市—新平县”东北—西南走向为分界的明显差异(以下简称宣新线)。在宣新线以南, 资源环境承载力普遍较高, 主要包括昆明市东南部、玉溪市大部分地区、曲靖市大部份地区以及红河州 9 个县市; 宣新线以北的区域资源环境承载力相对较低, 主要包括昆明市中部和西部、楚雄州大部分地区, 其中昆明市中部老城区及其周围县区承载力明显低于其他区域; 这是由于宣新线以南的地区海拔相对较低, 坡度较缓, 气候条件较好, 形成良好生态环境, 加之南盘江、红河以及滇池、抚仙湖、杞麓湖、异龙湖、星云湖、阳宗海等众多河流及高原湖泊分布, 而海拔、坡度、水资源、森林覆被等都是影响资源环境承载力的重要自然地理要素, 丰富的自然资源和优越的生态环境条件使宣新线以南的资源环境承载力与宣新线以北相比明显较高。

### 3.2 城镇化与资源环境承载力耦合协调时空演变分析

#### 3.2.1 耦合协调度的空间格局演变 为进一步研究

滇中城市群城镇化与资源环境耦合协调度水平随时间发展态势及空间演变特征, 利用耦合协调度模型计算 2000 年、2010 年、2018 年滇中城市群城镇化与资源环境承载力耦合协调度, 按照标准进行耦合协调类型分类后, 借助 ArcGIS 软件将其进行空间可视化, 得出二者的耦合协调度空间分布图(图 3)。

从耦合协调水平发展特征看, 2000 年、2010 年、2018 年滇中城市群城镇化与资源环境承载力的耦合协调度分别为 0.482, 0.519, 0.621, 城镇化与资源环境的耦合协调关系类型逐渐由失调衰退型改善为协调发展型。从耦合协调的空间分布来看, 2000 年, 滇中城市群耦合协类型主要为濒临失调衰退型, 共 33 个县市, 占滇中城市群的 67%, 主要分布于宣新线北部的楚雄、玉溪、曲靖和部分昆明县区; 其次为勉强发展协调型, 共 15 个县市, 主要分布于昆明市老城区及红河州大部分区域; 中度失调衰退型县区有 1 个, 为东川区; 此时东川区因矿产资源枯竭、经济发展停滞而导致城市降级, 城镇化与资源环境承载力明显失调。2010 年, 各县市区的城镇化与资源环境承载力耦合协调度都不同程度地得到了提高, 大部分县市区都进入了协调发展型; 其中新增 2 个中度协调发展

型的县市区,分别为官渡区和麒麟区;勉强协调发展型的县市区数量最多,达到 29 个,占比 59%;楚雄市和昆明市北部区域尽管耦合协调水平有一定上升,但仍保持濒临失调衰退型。2018 年,滇中城市群城镇化与资源环境承载力的耦合协调度得到了迅速提高,所有县市区均进入了协调发展型,昆明市西山区、官

渡区及曲靖市耦合协调度依然保持在首位,属于高度协调型;29 个县市区迅速进入中度协调发展型;随着生态文明建设的推进,各区在城镇化发展的同时更注重与资源环境承载力的协调发展,积极进行区域生态环境修复治理,产业转型和发展绿色经济,使滇中城市群各县区耦合协调水平整体向好。

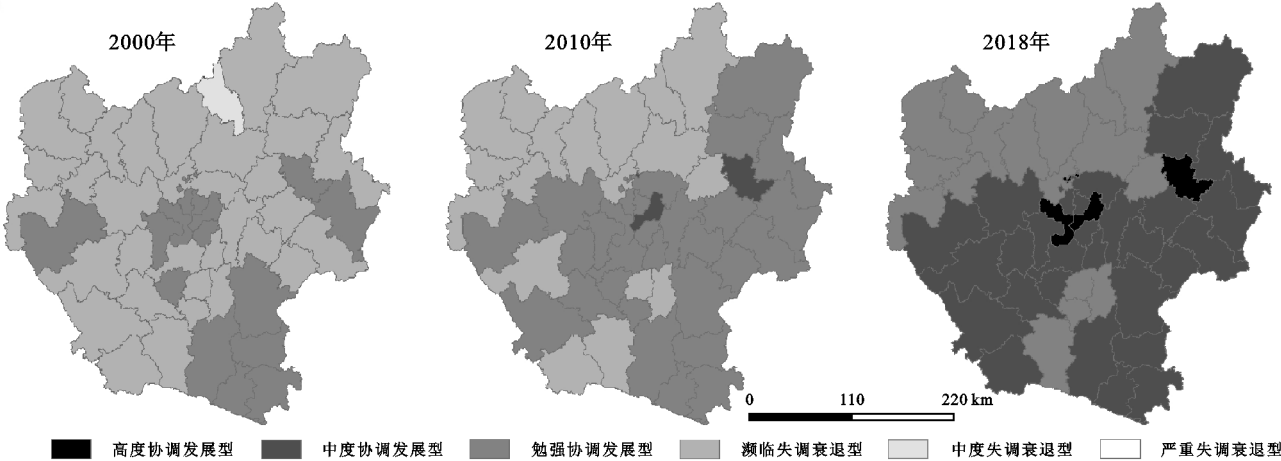


图 3 滇中城市群耦合协调类型时空格局演变

从空间演变格局看,滇中城市群城镇化与资源环境承载力耦合协调度在空间上呈现“西北低、东南高”的分布格局,与“宣新线”所划分的资源环境承载力空间分布格局相符,具有明显的地域特征。随着新型城镇化的推进,滇中城市群城镇化与资源环境承载力耦合协调空间结构正逐渐优化,各县市区协调状态显著提升。2000—2018 年,昆明市老城区始终处于耦合协调类别中较高的类型,其周围县市区以及各州市的市辖区耦合协调水平在昆明市老城区发展的带动下也得到了进一步的发展,整体耦合协调结构都在不断优化。

3.2.2 耦合协调度的空间分布模式 运用 Geoda 软

件对 2000 年、2010 年、2018 年的滇中城市群耦合协调度进行空间自相关分析和高/低聚类模型分析,通过 Moran's *I* 判断耦合协调度空间分布的集散程度(表 3),通过局域 Getis-Ord *G\** 指数法,在  $p \leq 0.05$  时确定高值聚集区和低值聚集区,具体识别出耦合协调度的空间分布格局(图 4)。

表 3 滇中城市群城镇化与资源环境承载力耦合协调度 Moran's *I*

时间	Moran's <i>I</i>	Z 值	显著性水平/%
2000	0.432	5.037	1
2010	0.438	5.093	1
2018	0.429	5.034	1

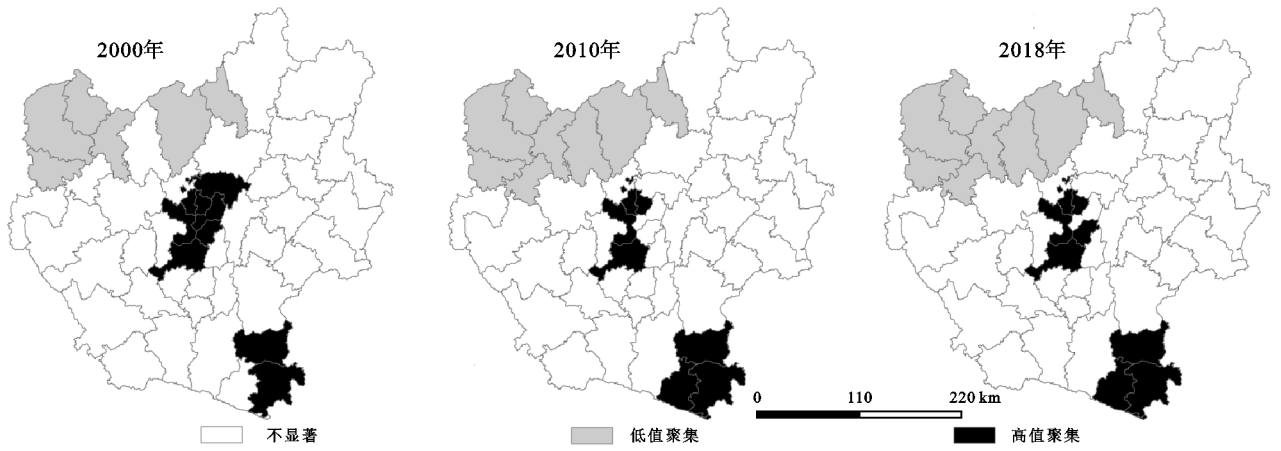


图 4 滇中城市群耦合协调度高低值聚类分布

从各年份的 Moran's *I* 来看,滇中城市群耦合协调度的 Moran's *I* 均大于 0.42,并通过 1%显著性检验,表明滇中城市群耦合协调度整体上呈显著正相

关,在空间上表现为聚集分布,且相互存在影响。从 Moran's *I* 变化来看,滇中城市群城镇化与资源环境承载力的耦合协调度的 Moran's *I* 在不断的下降,表

明空间自相关程度有所减弱,空间趋同性逐渐降低,城市群社会经济发展过程影响着耦合协调度的空间格局,并导致其空间分布由集聚向均匀过渡,使城市群耦合协调水平整体向区域协调发展,空间格局得到一定的优化。

从高低值聚类分布图来看,滇中城市群耦合协调度的空间分布呈现明显的空间异质性,存在两个高值聚集区和一个低值聚集区。其中,高值聚集区主要分布在滇中城市群中部和东南部,包括昆明市老城区、嵩明县和晋宁区、个旧市、开远市和蒙自市。低值聚集区主要分布在滇中城市群西北部的姚安县、牟定县、禄劝县、大姚县、永仁县、元谋县和东川区等县区。从高低值聚类空间演变来看,滇中城市群耦合协调度高低值聚集区空间分布稳定,各年变化较小,武定县的耦合协调度由 2000 年的不显著变为 2018 年的低值聚集区,个旧市的耦合协调度由 2000 年的不显著区逐渐变化为高值聚集区,嵩明县和官渡区的耦合协

调度由 2000 年的高值集聚区变化为不显著区,其余县市区未发生改变。

3.2.3 耦合协调度的空间相关性 为更清楚地了解滇中城市群各县市区城镇化与资源环境承载力耦合协调度与其城镇化水平和资源环境承载力的空间相关情况,利用 Geoda 软件计算 2000 年、2010 年、2018 年耦合协调度与城镇化、资源环境承载力的双变量 Moran's  $I$ ,利用双变量 Moran's  $I$  判断两者的空间相关程度(表 4)。耦合协调度的提高需要城镇化与资源环境承载力的相互协调发展,利用城镇化与资源环境承载力双变量局部空间自相关,识别出其空间相关关系(图 5)。

表 4 耦合协调度、城镇化及资源环境承载力双变量 Moran's  $I$

空间相关性	2000 年	2010 年	2018 年
耦合协调度-城镇化	0.345	0.326	0.310
耦合协调度-资源环境承载力	0.170	0.151	0.102
城镇化-资源环境承载力	-0.069	-0.132	-0.211

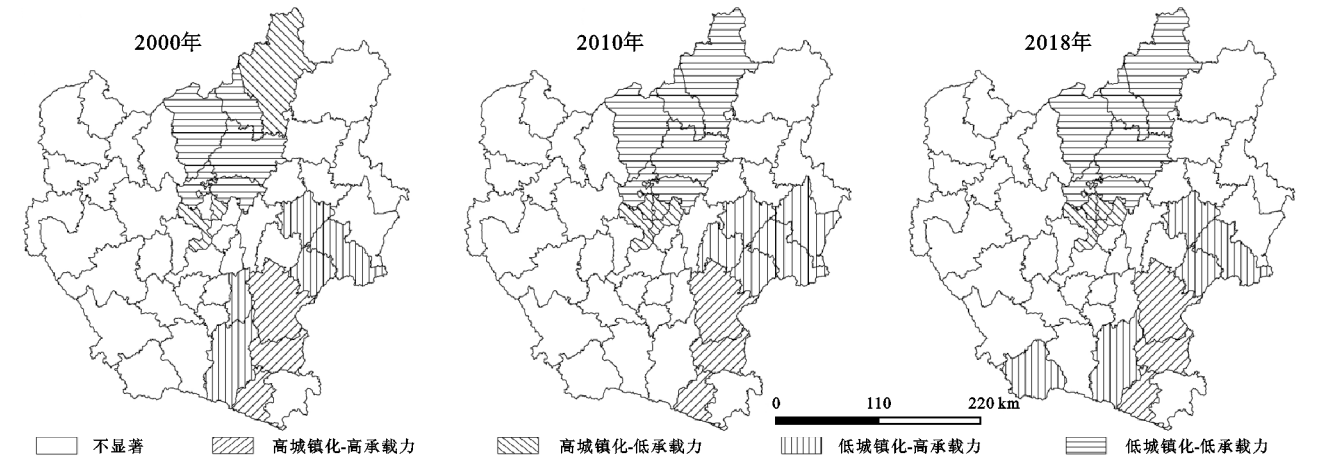


图 5 城镇化与资源环境承载力双变量局部空间自相关

从耦合协调度与城镇化、资源环境承载力的双变量空间自相关来看,2000—2018 年耦合协调度-城镇化双变量 Moran's  $I$  持续下降,从 2000 年的 0.345 下降至 2018 年的 0.310;2000—2018 年耦合协调度-资源环境承载力双变量 Moran's  $I$  也呈下降趋势,由 2000 年的 0.170 下降至 2018 年的 0.102。表明耦合协调度与城镇化和资源环境承载力的空间相关程度在不断降低,但是耦合协调度-资源环境承载力的空间相关程度始终低于耦合协调度-城镇化的空间相关程度,并随着时间的变化,两者的差距逐渐拉大,反映出资源环境承载力与耦合协调度间的空间依赖性较差,因此更需要重视资源环境承载力的提高;在耦合协调度与城镇化、资源环境承载力的空间相关程度中,耦合协调度-城镇化的空间相关程度一直处于主导地位。

从城镇化与资源环境承载力的双变量空间自相

关来看,2000—2018 年城镇化-资源环境承载力双变量 Moran's  $I$  小于 0,说明城镇化与资源环境承载力之间存在空间负相关关系,且二者的空间负相关性不断增强,由 2000 年的 -0.069 下降为 2018 年的 -0.211,表明城镇化水平相对较高的区域,资源环境承载力明显较低,滇中城市群快速城镇化不断消耗区域资源环境承载力,导致城镇化与资源环境承载力的空间差异增大,二者存在明显空间异质性。滇中城市群的协调发展需要城镇化与资源环境承载力的不断提高,通过城镇化与资源环境承载力双变量局部空间自相关识别出差异显著的区域(图 6)。城镇化与资源环境承载力双变量局部空间自相关分为 4 种关系,分别为高城镇化-高承载力型、高城镇化-低承载力型、低城镇化-高承载力型和低城镇化-低承载力型。其中,高城镇化-高承载力型区域较为稳定,主要分布在个旧市、开远市和弥勒市,个旧市和开远市是云南



省著名的工业基地,也是滇南中心城市群的最主要组成部分,是衔接滇中城市群云南省次区域城市群,城镇化与资源环境承载力均处于优势地位;弥勒市作为以生态为核心的发展理念打造全国一流特色小镇,使其城镇化与资源环境承载力得到进一步的协调发展。高城镇化-低承载力地区为昆明市西山区、五华区、盘龙区、官渡区和东川区,其中会泽县2010年后转变为低城镇化-低承载力地区;造成这样分布的原因因为该区域是滇中城市群的核心区域,城镇化及城市经济发展较快,人口密度相对较大,城镇体系发达,对资源的占用与生态环境破坏现象更为严重,导致了区域资源环境承载力较低。低城镇化-低承载力型区域主要分布在滇中城市群北部的富民县、嵩明县、寻甸县、东川区、会泽县,其中东川区、禄劝县、寻甸县、会泽县在2019年前均为国家级贫困县,富民县、嵩明县也均为贫困县,经济水平落后于滇中城市群其他地区,在产业发展过程中技术发展较为缓慢,造成资源的利用率和环境治理能力较低,使城镇化水平和资源环境承载力的发展受到限制。低城镇化-高承载力型区域变化较为明显,主要分布于滇中城市群东南部,其中陆良县、师宗县、泸西县保持稳定,华宁县转为不显著区,元江县转入低城镇化-高承载力型区,石林县和建水县则波动变化,这是由于这些区域均为资源环境承载力较高的区域,通过开发优越资源环境,使得在各时期的城镇化水平发生明显变化,从而使低城镇化-高承载力类型发生改变。

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

(1) 2000—2018年滇中城市群城镇化水平整体呈现上升趋势,城镇化指数均值由0.149升至0.359,在空间上由昆明市辖区的“单核心”发展逐渐转变为“一主四副”的发展格局。资源环境承载力水平整体呈现先下降后上升的“U”型发展,资源环境承载力指数各年均值分别为0.406,0.402,0.442,其空间分布的内部差异巨大,呈现出以“宣威市-新平县”(宣新线)东北-西南走向为分界的明显差异,宣新线以南区域,资源环境承载力较高;宣新线以北区域,资源环境承载力较低。

(2) 2000—2018年滇中城市群城镇化与资源环境承载力协调水平不断上升,耦合协调度均值由0.482上升至0.621;在空间上呈现“西北低、东南高”的格局,与“宣新线”所划分的资源环境承载力空间分布格局一致,具有明显的地域特征;且耦合协调度Moran's  $I$  均大于0.42,表现出较强的空间集聚性与

稳定性特征,形成两个高值聚集区和一个低值聚集区,高值聚集区主要分布在滇中城市群中部的昆明市老城区、嵩明县和晋宁区和滇中城市群东南部的个旧市、开远市和蒙自市。低值聚集区主要分布在滇中城市群西北部的姚安县、牟定县、禄劝县、大姚县、永仁县、元谋县和东川区。

(3) 2000—2018年滇中城市群耦合协调度与城镇化水平、资源环境承载力的空间相关程度均较强,但呈现下降的趋势,其中,城镇化在耦合协调发展中占主导作用。城镇化与资源环境承载力存在空间负相关关系,二者双变量Moran's  $I$  由-0.069降为-0.211,表明城镇化与资源环境承载力的空间差异增大;通过有针对性的提高在空间相关关系中较弱的一方,进而实现滇中城市群城镇化与资源环境承载力耦合协调的发展。

### 4.2 建议

整体而言,尽管滇中城市群城镇化水平和耦合协调度在不断提高,但依旧存在高耦合协调度和低耦合协调度空间上的明显分异、城镇化与资源环境承载力空间相关性为负、分布差异较大、城镇化与资源环境承载力不匹配等区域发展中的突出矛盾,某种程度上反映了我国西部山地、边疆等城市发展过程中的“共性问题”。结合研究区城镇化与资源环境承载力耦合协调时空演变特征,坚持生态优先、绿色发展,针对滇中城市群耦合协调关系改善提出以下3点建议:

(1) 针对城镇化与资源环境承载力相匹配区域,一方面,高城镇化-高承载力型区域要继续维护生态环境良好态势,有效改善资源利用方式,依托其城镇化与资源环境承载水平较高的优势,积极打造云南省绿色高质量发展的“三张牌”即“绿色能源”“绿色食品”“健康生活目的地”。另一方面低城镇化-低承载力型区域应以保护和修复生态环境、保持水土和维护生物多样性为首要任务,限制城镇开发活动,科学合理利用资源,不断提升各产业资源配置效率,避免低效的城镇经济活动造成资源环境承载力的下降。

(2) 针对城镇化与资源环境承载力不匹配区域,一方面,高城镇化-低承载力型区域在快速城镇化进程中忽视了对资源环境承载力的负面作用,应积极改变粗放型的城镇化发展模式,将生态优先理念全面融入城镇化发展,开展生态系统综合整治和自然修复工作,通过高新产业、生物医药和大健康、新材料、数字经济等产业促进城镇化与资源环境承载力的协调发展。另一方面,低城镇化-高承载力型区域应保证资源环境承载力不受破坏的基础上,依托良好的自然生态环境及资源,积极承接国际国内产业转移,开发多



元特色产业,提高城镇化水平,缩小各县区间的差距。

(3) 针对城镇化-承载力空间相关关系不显著的区域,明确城镇化在耦合协调发展中的主导作用,在协调好资源环境承载力的情况下有效提升城市群城镇化水平,以“一主四副”的城镇化格局为基础,增强城市群中心及副中心的集聚及辐射带动作用,发挥滇中城市群民族、边疆、高原山地和旅游资源丰富的优势,发挥不同县区的特色产业优势,实现互利互补的发展格局,从而高效推进滇中城市群的可持续发展。

本文基于滇中城市群多个历史时段数据对城镇化和资源环境承载力的耦合协调空间演变特征进行分析,同时对三者之间的空间相关性进行探讨,分析了三者空间演变中存在的差异特征,试图揭示滇中城市群发展过程中存在的问题,但限于历史获取资料的不足,未能对耦合协调的影响因素进行探讨,这将是未来研究的方向。

#### 参考文献:

- [1] 方创琳.改革开放 40 年来中国城镇化与城市群取得的重要进展与展望[J].经济地理,2018,38(9):1-9.
- [2] 刘超,罗建美,霍永伟,等.陕西省县域土地利用效益与城镇化的时空变化及协调性分析[J].水土保持研究,2020,27(3):320-327,335.
- [3] Bai Xuemei, Shi Peijun, Liu Yansui. Society: Realizing China's urban dream[J]. Nature News, 2014, 509 (7499):158-160.
- [4] 方创琳,周成虎,顾朝林,等.特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J].地理学报,2016,71(4):531-550.
- [5] Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1995,110(2):353-377.
- [6] Onafowora O A, Owoye O. Bounds testing approach to analysis of the environment Kuznets curve hypothesis [J]. Energy Economics, 2014,44:47-62.
- [7] Rasoolimanesh S M, Badarulzaman N, Jaafar M. City development strategies (CDS) and sustainable urbanization in developing world[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2012,36:623-631.
- [8] Almeida T A D N, Cruz L, Barata E, et al. Economic growth and environmental impacts: An analysis based on a composite index of environmental damage[J]. Ecological Indicators, 2017,76:119-130.
- [9] 刘海猛,方创琳,李咏红.城镇化与生态环境“耦合魔方”的基本概念及框架[J].地理学报,2019,74(8):1489-1507.
- [10] 孙黄平,黄震方,徐冬冬,等.泛长三角城市群城镇化与生态环境耦合的空间特征与驱动机制[J].经济地理,2017,37(2):163-170.
- [11] 李波,张吉献.中原经济区城镇化与生态环境耦合发展时空差异研究[J].地域研究与开发,2015,34(3):143-147.
- [12] 黄金川,方创琳.城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析[J].地理研究,2003,22(2):211-220.
- [13] 孙钰,李新刚.山东省土地综合承载力协调发展度分析[J].中国人口·资源与环境,2013,23(11):123-129.
- [14] 吴大放,胡悦,刘艳艳,等.城市开发强度与资源环境承载力协调分析:以珠三角为例[J].自然资源学报,2020,35(1):82-94.
- [15] 高庆彦,潘玉君.中国省域城镇化水平与资源环境压力脱钩的时空分析[J].生态经济,2020,36(1):99-105.
- [16] Gui Jin, Shi Xin, He Dawei, et al. Designing a spatial pattern to rebalance the orientation of development and protection in Wuhan[J]. Journal of Geographical Sciences, 2020,30(4):569-582.
- [17] 杜霞,孟彦如,方创琳,等.山东半岛城市群城镇化与生态环境耦合协调发展的时空格局[J].生态学报,2020,40(16):5546-5559.
- [18] 周倩,刘德林.长三角城市群城市韧性与城镇化水平耦合协调发展研究[J].水土保持研究,2020,27(4):286-292.
- [19] 张正昱,金贵,郭柏枢,等.基于多准则决策的长江经济带国土空间脆弱性与恢复力研究[J].自然资源学报,2020,35(1):95-105.
- [20] 袁磊,闻珊珊,杨昆.快速城市化区域资源环境承载力与建设适宜性分析:以昆明市呈贡区为例[J].生态科学,2019,38(1):218-225.
- [21] 刘凯,任建兰,张理娟,等.人地关系视角下城镇化的资源环境承载力响应:以山东省为例[J].经济地理,2016,36(9):77-84.
- [22] Liao Shiju, Wu Ya, Wong Siuwai, et al. Provincial perspective analysis on the coordination between urbanization growth and resource environment carrying capacity (RECC) in China[J]. Science of the Total Environment, 2020, 730. DOI: 10.1016/j. scitotenv. 2020. 138964.
- [23] 高彬嫔,李琛,吴映梅,等.川滇生态屏障区景观生态风险评价及影响因素[J].应用生态学报,2021,32(5):1603-1613.
- [24] 郑德凤,王燕燕,曹永强,等.基于生态系统服务的生态福祉分类与时空格局:以中国地级及以上城市为例[J].资源科学,2020,42(6):1110-1122.
- [25] 赵建吉,刘岩,朱亚坤,等.黄河流域新型城镇化与生态环境耦合的时空格局及影响因素[J].资源科学,2020,42(1):159-171.
- [26] 张伟萍,石培基,赵武生,等.西北区域城镇化与资源环境承载力协调发展的时空特征:以兰西城市群为例[J].生态学杂志,2020,39(7):2337-2347.