

低碳生态城市视角下珠三角土地利用 效益评价及障碍诊断

陈柔珊, 王 枫

(华南农业大学 公共管理学院, 广州 510642)

摘 要:为了促进土地生态化利用、落实“生态文明”战略,以珠三角 9 市为例,构建基于低碳生态城市视角的土地利用效益评价指标体系,采用相对熵组合赋权法、综合评价法和障碍度模型,探究了 9 市 2010 年和 2017 年土地利用效益时空演变特征和障碍因子。结果表明:(1) 各市土地利用效益水平在空间上呈现“核心—边缘”结构,位于广深科技创新走廊的广深莞要显著优于其他城市。整体效益水平稳步提升,惠州增幅最大,肇庆增幅最小;(2) 各市土地利用经济效益、社会效益和生态环境效益呈现明显的等级层次性,经济、社会效益增速快且均为正增长,生态环境效益增速小,部分城市出现下降情况;(3) 要素层面各市得分具有不平衡性,经济发达效益差异扩大最明显;(4) 经济发达、经济持续与社会和谐障碍度呈下降态势,社会发展、环境友好和节能减排呈上升趋势。地均财政收入、地均社会消费品零售总额、地均固定资产投资额为主要障碍因子。

关键词:土地利用效益评价; 低碳生态城市; 相对熵组合赋权法; 障碍诊断; 珠三角

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)02-0351-09

Land Use Benefit Evaluation and Barrier Diagnosis of Pearl River Delta from the Perspective of Low-Carbon Ecological City

CHEN Roushan, WANG Feng

(College of Public Administration, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: In order to promote the ecological use of land and implement the strategy of ‘ecological civilization’, we conducted land use benefit evaluation from the perspective of low-carbon ecological city development. Taking the nine cities in the Pearl River Delta city as an example, we constructed a land use benefit evaluation index system based on the perspective of a low-carbon ecological city. The relative entropy combination weighting method, comprehensive evaluation method and obstacle degree model were used to explore the spatial and temporal evolution characteristics and obstacle factors of land use benefits of the nine cities in 2010 and 2017. The results show that: (1) the land use benefit levels in cities had a ‘core—periphery’ structure in space, and the three cities such as Guangzhou, Shenzhen and Dongguan located in the Guangshen Science and Technology Innovation Corridor were significantly better than other cities; the level of the overall benefit had been steadily increasing; the largest increase of benefit was found in Huizhou, and the smallest increase of benefit was found in Zhaoqing; (2) the economic, social and ecological environmental benefits of land use had shown obvious hierarchical levels in cities, and the economic and social benefits had increased rapidly and were all positive; the growth rate of ecological and environmental benefits was small, and some cities had experienced a decline in benefits; (3) the evaluation scores at the element level of cities were uneven, and the difference of economically developed benefit expanded most obviously; (4) the obstacle level of economic development, economic continuity and social harmony had declined during the study period, while social development, environmental friendliness, and energy conservation and emission reduction had increased; the average fiscal revenue, the total retail sales of social consumer goods, the investment in fixed

收稿日期:2020-04-04

修回日期:2020-05-02

资助项目:国家自然科学基金(41301078);广州市哲学社科规划 2020 年度课题(2020GZYZB40)

第一作者:陈柔珊(1997—),女,广东汕头人,学士,研究方向为土地资源利用。E-mail:847681580@qq.com

通信作者:王枫(1979—),男,湖南津市人,副教授,博士,主要从事土地资源开发利用与保护研究。E-mail:wfcjc@163.com

assets were the main obstacle factors.

Keywords: land use benefit evaluation; low-carbon ecological city; relative entropy combined weighting method; obstacle diagnosis; Pearl River Delta

随着城市发展出现的严重环境问题,人们深刻地认识到必需转变经济发展模式。低碳生态城市孕育而生,致力于全面落实可持续发展思想^[1],成为城市转型发展的必然道路。低碳生态城市的转型和发展关系着土地资源利用的高效与否。鉴于此,有必要建立以低碳生态城市发展为导向的土地利用效益评价体系并进行科学评价,揭示效益时空格局演化,识别效益障碍因素,这对促进土地生态化利用、落实“生态文明”战略具有重要的意义。

迄今,国内外学者对低碳生态城市和土地利用效益评价进行了大量研究并取得了丰富成果。低碳生态城市的概念由我国学者首先提出^[2],国外还很少提及,近年来已有研究者开展了一定规模的内涵指标体系构建和评估^[3-4],或采用模型对低碳生态城市建设效应与发展水平进行测度^[5-6],以及提出优化路径和规划策略^[7-8]。在土地利用效益评价方面,国外学者更注重研究土地利用经济效益,随着研究的深入,社会效益和生态环境效益也纳入考虑范围。2004年,DeFries 等^[9]提出在特定的时空范围内,土地利用与一系列外在因素具有复杂的联系;Deakin 等^[10]在编写的《可持续城市与社会》中运用环境评价方法探讨了城市可持续性的问题。我国学者主要集中在土地利用效益的时空差异对比^[11]和土地利用三大效益的耦合协调关系研究^[12],已形成了覆盖乡镇、县、市、省、国家 5 级尺度评价系统。研究采用的方法有熵权法、层次分析法^[13]、变异系数法^[14]、特尔菲法^[15]、因子分析法、Topsis 模型^[16]、物元模型^[17]、协调度模型^[18]、障碍度模型^[19],还通过 GIS 技术、遥感技术等来实现区域效益差异的可视化^[20]。土地利用效益的高低与土地可持续利用和城市空间格局的未来发展直接相关^[21]。城市土地利用类型和土地利用空间结构影响着碳排放^[22];土地利用直接影响交通碳排放、建筑能耗和环境要素,从而间接对低碳生态城市的建设产生作用^[23],如土地利用引起的碳排放过多和造成的生态环境破坏将阻碍低碳生态城市建设与发展;低碳生态城市是一种发展模式,低碳生态城市评价是为引领低碳生态城市建设;与一般的土地利用效益评价和低碳生态城市评价不同的是,将低碳生态理念融入到土地利用效益评价体系中,是对基于该视角下土地投入产出效益的评估,这将为指导土地合理高效利用提供更明确的方向,即实现高效、

持续、共生、和谐的低碳生态目标。综上所述,现有研究大多采用层次分析法、专家打分法,主观性较强,且对障碍因子的诊断相对较少;此外,针对土地利用效益问题,学者们更多是分析新型城镇化或城市化水平对其的影响^[24],在生态文明建设背景下从低碳生态城市建设角度研究土地利用效益问题就显得十分重要。因此,本文借鉴已有成果,以低碳生态城市理念构建土地利用效益评价体系,选择相对熵组合赋权法对珠三角区域包括广州、佛山、肇庆、深圳、东莞、惠州、珠海、中山、江门 9 个城市 2010 年和 2017 年的土地利用效益进行评价和横向、纵向对比分析,并采用障碍度模型探究土地利用效益的障碍因子,以期各地区制定差异化的规划和管理对策提供一定的参考和建议。

1 研究区概况

珠三角位于广东省中南部、珠江下游,东经 112°45′—113°50′,北纬 21°31′—23°10′,毗邻港澳,与东南亚地区隔海相望,海陆交通便利,被称为中国的“南大门”。土地总面积 547.33 万 hm^2 ,土地利用结构以非建设用地为主,占总面积的 84.84%,林地面积 278.49 万 hm^2 ,耕地面积 78.30 万 hm^2 。2010—2017 年,珠三角地区年均 GDP 增幅为 14.42%,其中 2017 年 GDP 占全省的 84.40%。产业结构比例由 2010 年的 2.15 : 48.61 : 49.24 调整为 2017 年的 1.56 : 41.66 : 56.78,退一三进二,服务业对经济增长的贡献率持续上升,产业结构趋向优化。2017 年年底常住总人口 6 150.54 万人,城市的发展红利惠及民生,2017 年珠三角城镇常住居民人均可支配收入 47 926.90 元,医疗卫生机构 21 228 个、床位 281 763 个。目前共拥有城市公园 5 792 个、人均公园绿地面积达 19.20 m^2 ,区域森林覆盖率达 51.80%。但随着经济高速发展和大量人口涌入,人地关系紧张、能源消耗巨大,不合理的产业结构使得污染排放加剧、环境问题突出,也由此引发了各种土地利用问题,其中推动土地高效合理利用以促进低碳生态城市可持续发展亟待关注。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

数据主要来源于《广东统计年鉴》(2011 年、2018 年)、《中国城市统计年鉴》(2011 年、2018 年)、广东省

及 21 个市统计年鉴专栏(2011 年、2018 年)、珠三角 9 市年度环境状况公报(2011 年、2018 年)以及中华人民共和国住房和城乡建设部网站、广东生态环境厅网站、以及广东省统计局网站,主要涉及经济指标、社会指标、生态环境指标 3 个维度。

2.2 指标体系构建

土地利用效益评价是个复合评价系统^[15],包括对 3 个方面效益的评价,其中,对土地投入和所获有效产出进行对比是土地利用的经济效益评价;对整个社会各方面产生影响或作用的评价是社会效益评价;

对区域生态环境形成有利或不利的影 响进行评价则为生态环境效益评价。在构建指标体系时,不仅要客观地揭示土地利用效益水平的内涵,还要考虑 3 大效益所体现的共生性、低碳性和可持续性。基于上述考虑,主要参照《中国低碳生态城市指标体系》及前人对土地利用评价的研究成果,选取 20 个指标构建珠三角地区 9 个城市基于低碳生态城市视角的土地利用效益评价指标体系,包括经济效益、社会效益和生态效益 3 个准则层,以及经济发达、经济持续、社会和谐、社会发展、环境友好和节能减排 6 个要素层(表 1)。

表 1 基于低碳生态城市视角的土地利用效益评价指标体系

准则层	要素层	序号	指标层	指标含义	性质	权重
经济效益 (0.385)	经济发达 (0.611)	A ₁	地均固定资产投资额	反映区域的土地投资强度	+	0.254
		A ₂	地均社会消费品零售总额	反映居民购买消费水平和土地管理的间接经济效益	+	0.251
		A ₃	地均财政收入	反映政府财力及其提供公共物品和服务的能力	+	0.342
		A ₄	城镇登记失业率	反映区域的就业状况	-	0.153
	经济持续 (0.389)	A ₅	第三产业增加值占 GDP 比重	反映区域产业结构优化和经济发展方式转变的情况	+	0.332
		A ₆	研究与试验发展(R & D)经费支出占 GDP 比重	反映区域的科技投入水平	+	0.350
		A ₇	人均地区生产总值	反映区域居民生活质量和消费水平	+	0.318
社会效益 (0.299)	社会和谐 (0.484)	B ₁	城乡收入比	反映城乡收入差距与城乡和谐共生性	-	0.368
		B ₂	万人拥有执业医师数量	反映区域的医疗资源情况	+	0.352
		B ₃	万人拥有公共汽车	反映区域的公共交通设施水平	+	0.280
	社会发展 (0.516)	B ₄	城市人口密度	反映区域的土地集约利用性	+	0.329
		B ₅	人均城市道路面积	反映城市建设情况及其道路通达度	+	0.330
		B ₆	就业人员年末人数	反映土地利用对人们就业需求的满足程度	+	0.341
生态环境 效益 (0.316)	环境友好 (0.433)	C ₁	环境空气质量优良天数	反映土地利用的空气质量水平	+	0.351
		C ₂	城市人均公园绿地面积	反映区域整体环境水平和居民生活质量	+	0.329
		C ₃	建成区绿化覆盖率	反映土地利用对城市环境的净化调节状况	+	0.320
		C ₄	单位 GDP 能耗	反映土地利用的能源消耗和节能降耗状况	-	0.244
	节能减排 (0.567)	C ₅	地均工业固体废物产生量	反映土地利用的环境污染负荷状况	-	0.249
		C ₆	地均工业废气排放量	反映土地利用中有害气体污染程度	-	0.205
		C ₇	污水处理厂处理能力	反映区域的污水处理能力水平	+	0.302

注:“+”指该指标具有双向性,但由于本研究过程中都处于其中单一方向范围内,故只取单向性。

2.3 数据标准化处理

为了使搜集到的数据具有一致的操作性,保证计算结果的可对比性,因此必须对数据进行无量纲化处理。本次评价根据正负属性运用不同的极差法对各指标数据进行标准化处理,得到标准化数据。其中,经无量纲化后 A_{ij} 为标准化后的指标值,在 $[0,1]$ 之间,最劣值和最优值分别为 0,1。 X_{ij} 指第 i 个城市第 j 项指标的实际值, X_{\max} 、 X_{\min} 分别表示第 i 个城市第 j 项指标的最大值和最小值, $i=1,2,\cdots,m$ 为评价城市数; $j=1,2,\cdots,n$ 为评价指标数,具体步骤如下:

正向指标: $A_{ij}=(X_{ij}-X_{\min})/(X_{\max}-X_{\min})$

(1)

逆向指标: $A_{ij}=(X_{\max}-X_{ij})/(X_{\max}-X_{\min})$

(2)

2.4 相对熵组合赋权法赋权

层次分析法等主观赋权法运用时,由于主观性较强,对具体实际情况会造成影响;熵权法等客观赋权法相对主观赋权法具有较强的客观性,但可能因理论的欠缺而违背实践经验^[25]。因此,采用组合方式形成的最终权重能弥补主客观赋权法的不足,更合理地反映各指标对要素层的影响程度,即:

如果 $x_g,y_g>0,g=1,2,\cdots,n$ 并且 $1=\sum_{g=1}^n x_g>$

$\sum_{g=1}^n y_g$,则称 $h(x,y)=\sum_{g=1}^n x_g \ln \frac{x_g}{y_g}$ 为 x 相对于 y 的相

对熵。其主要性质如下： $\sum_{g=1}^n x_g \ln \frac{x_g}{y_g} \geq 0, \sum_{g=1}^n x_g \ln \frac{x_g}{y_g} = 0$ 的充分必要条件是 $x_g, y_g > 0, g = 1, 2, \dots, n$ 。

当 x 和 y 呈离散分布时,相对熵就是 x 和 y 之间的一种复合程度的度量。通过优化目标函数,解出各单一赋权法取得的指标权重最接近的指标权重,即集结权重,记为 $Z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$ 。记 $U = (u_1, u_2, \dots, u_p)$ 为单一赋权方法集合, u_{ij} 为第 t 种单一赋权方法中第 j 个指标的权重 ($t = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, m$)。基于以上原理,每个赋权方法的集结权重可以通过下面的数学规划模型来求解:

$$\begin{cases} \min H(z) = \sum_{t=1}^p \sum_{j=1}^m z_j \ln \frac{z_j}{u_{tj}} \\ \text{s.t. } \sum_{t=1}^p z_j = 1, z_j \geq 0, \quad (j = 1, 2, \dots, m) \end{cases} \quad (3)$$

线性规划模型(3)有全局最优解 z_j 为:

$$z_j = \frac{\prod_{j=1}^m (u_{tj})^{\frac{1}{m}}}{\sum_{t=1}^p \prod_{j=1}^m (u_{tj})^{\frac{1}{m}}} \quad (4)$$

式中: z_j 为相对组合赋权的指标权重。

2.5 土地利用效益等级确定

采用多目标线性加权函数法即常用的综合评分法^[26]测算土地利用效益评价值,计算公式如下:

$$F_i = \sum_{n=1}^b [\sum_{m=1}^a (\sum_{j=1}^k M_j W_j) B_m] V_n \quad (5)$$

式中: F_i 表示第 i 个城市土地利用综合效益评价值; M_j 为单项指标得分; W_j 为单项指标权重; B_m 为要素层指标权重; V_n 为准则层面指标权重; k 为单项指标个数(在本指标体系中 $k = 20$); a 为要素指标个数(在本指标体系中 $a = 6$); b 为准则层指标个数(在本指标体系中 $b = 3$)。借鉴已有研究的相关成果^[14],对土地利用效益分为 5 级(表 2)。

表 2 珠三角地区土地利用效益分级标准

级别	低效	较低效	中效	较高效	高效
分值范围	[0,0.2)	[0.2,0.4)	[0.4,0.6)	[0.6,0.8)	[0.8,1.0]

2.6 引入障碍度模型

障碍度模型由“因子贡献度”、“指标偏离度”和“障碍度”3 个函数组成^[27]:具体计算公式为:

$$R_j = V_j B_j W_j \quad (6)$$

$$P_j = 1 - A_{ij} \quad (7)$$

$$Y_j = \frac{P_j R_j}{\sum_{j=1}^{20} P_j R_j} \times 100\% \quad (8)$$

式中: R_j 为因子贡献度,它是各指标对总目标的影响程度,即各指标对总目标的权重; V_j 为第 j 项指标对应准则层中的权重; B_j 为第 j 项指标对应要素层中的权重; W_j 为第 j 项指标的权重。 P_j 为指标偏离度,它是各项指标与土地利用综合效益目标之间的差距;

A_{ij} 为各指标的标准化值; Y_j 为各指标的障碍度值,根据 Y_j 的大小排序可以得到区域土地利用效益障碍因素的主次关系和各障碍因素的影响程度。

3 结果与分析

3.1 土地利用综合效益分析

按照表 2 的分级标准,中高效区为深广莞三大核心城市,三者的高效具有多重推动力,受香港强辐射其城市扩张与土地开发进程速度加快,由此带来各种优质生产要素特别是创新要素的聚集,其土地利用效益位于珠三角前沿。较低效区有佛中珠,地理位置紧邻核心城市,承接来自广莞深的溢出效应进行发展建设,整体效益位于中间水平。低效区分布在江惠肇的珠三角相对边缘的地区,经济发展落后;在土地利用方面,主要依靠低成本土地作为引力带来外来企业入驻和投资,第三产业发展缓慢,加上基础设施老旧,城市空间布局不合理,表现为粗放的土地利用方式,处于区域效益落后位置。整体上,珠三角的不均衡格局态势较为明显,基于低碳生态城市视角的土地利用效益总体呈现从核心区向外围区不断递减的空间分异规律,表现为典型的“核心—边缘”式空间圈层结构的分异特征(图 1)。该分异特征深受城市之间联系强度影响,广深莞“强强”之间联系紧密,高新技术积极推进区域之间的合作;佛中珠之间没有很强的联系,但位于第二圈层,与核心区域联系较为紧密,高效益城市向低效益城市的传递带动效应使佛中珠效益处于中等水平;肇江之间为弱联系,与邻近高效益城市联系较为紧密,处于第三圈层,自身无明显区位优势,所受效益辐射强度低。

从时间序列分析,珠三角城市土地利用效益水平稳步提升,城市平均土地利用效益指数由 0.33 上升至 0.44,城市之间差异有所扩大,极差由 0.38 增至 0.55。根据表 2 的分级标准,珠三角地区的土地利用综合效益可分为 5 个等级(图 1)。研究期间,2010 年惠江为低效城市,佛肇珠中为较低效城市,深广莞为中效城市;2017 年佛肇惠中江为较低效城市,广莞珠为中效城市,深圳为较高效城市,已没有低效水平的城市,但仍未出现高效城市。深珠惠江的土地利用效益均上升一级,广莞中佛肇则保持不变,分值均有上升,但上升幅度差异明显,各城市土地利用效益增长率排序为:惠州(83.15%)>深圳(42.96%)>江门(36.43%)>广州(33.63%)>佛山(31.7%)>珠海(30.53%)>东莞(27.92%)>中山(18.89%)>肇庆(6.37%)。随着区域一体联动化的加快,在“广佛同城”“深莞惠”“珠江中”等背景下,珠三角开始转型重组,广州、深圳分别发挥其门户及经济中心城市作用,

加强与周边城市的联系,由外放型经济转为区域内协调发展,惠州承接深圳的溢出需求,近年来旅游业和制造业的发展更是活跃,其土地资源优势明显,故土

地利用效益涨幅态势显著;相比之下,肇庆与核心城市存在地理隔阂,缺乏有效联系,本身也没有支柱性产业支撑经济的持续发展,故效益增幅非常有限。

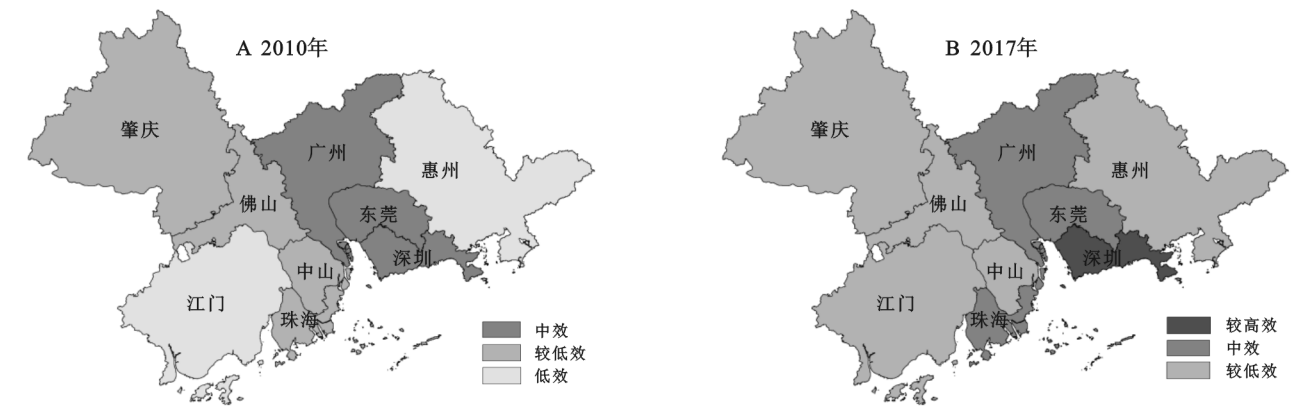


图 1 珠三角地区城市土地利用效益空间差异

3.2 土地利用效益准则层维度分析

通过雷达图将两期数据进行可视化(图 2),从经济、社会和生态环境效益 3 个准则层考察城市土地利用效益水平,探究各市在不同维度的差异程度。研究期内,经济效益均值由 0.21 提高到 0.41,社会效益均值由 0.29 提高到 0.42,生态环境效益均值由 0.50 下降到 0.49,各市在 3 个准则层的评价存在不平衡现象,地域差异性较为显著。对比 3 个准则层的增长率,经济和社会效益增速快且联系紧密,对提高城市土地利用效益水平贡献大,九市经济效益增长率均值为 100.72%,社会效益则为 89.09%;各市经济、社会效益增长率差距也较大,增幅极差分别为 150.96%, 298.88%。社会效益的提高离不开经济发展的带动,两者联动发展,积极推进优化城市空间结构和产业布局。效益水平较高的城市,如深圳、广州等,经济和社会效

益得分也相对较高,效益水平较低的城市,如江门、肇庆等,经济和社会效益得分也相对较低。而生态环境效益增速慢,对提高城市土地利用效益水平贡献小,九市增长率均值为-1.35%,其中,广莞深惠为正向增长,江珠佛肇中为负向增长;各市增长率差距也较小,增幅极差为 37.49%。可以看到,广莞深等较高效益水平的城市其生态环境效益也较高,这与其注重城市发展规划和土地利用的生态化与低碳持续息息相关,而其他较低效益水平的城市,生态环境效益较低,土地利用规划中缺乏生态理念,产业结构优化和绿色科技运用也远远低于较高效益城市。就 3 个准则层的差异变化而言,经济效益差异变化最大,极差由 0.43 增至 0.81,城市之间差异明显扩大;社会效益最小,极差由 0.54 增至 0.57,城市之间差异变化不大;生态效益差异变化介于前两者之间,极差由 0.23 增至 0.35。

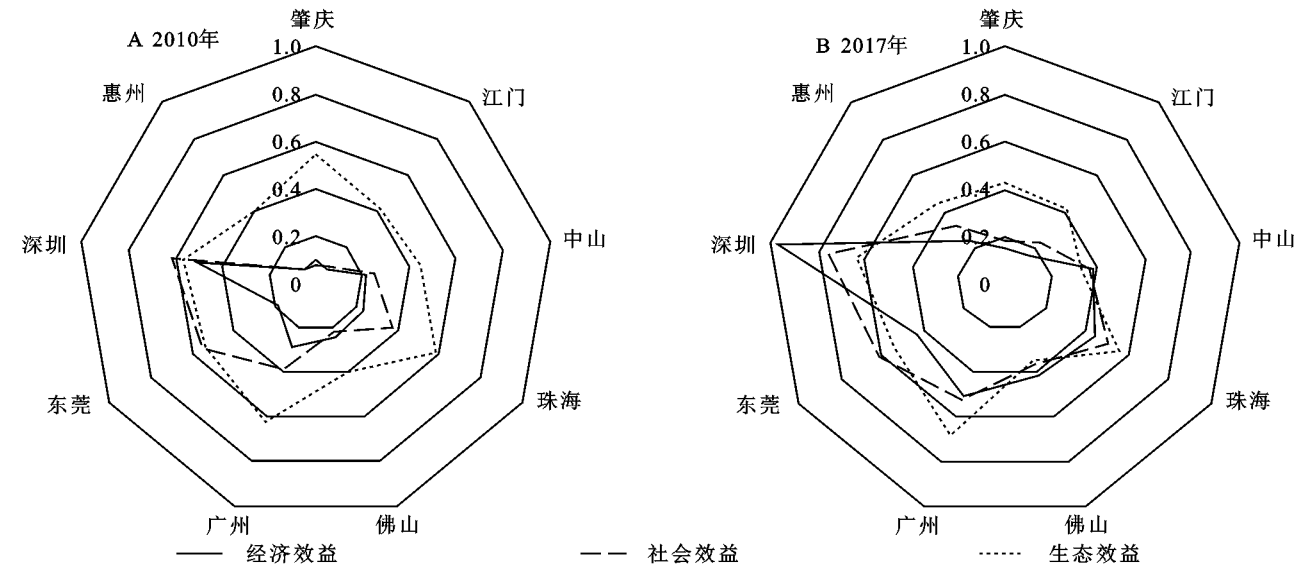
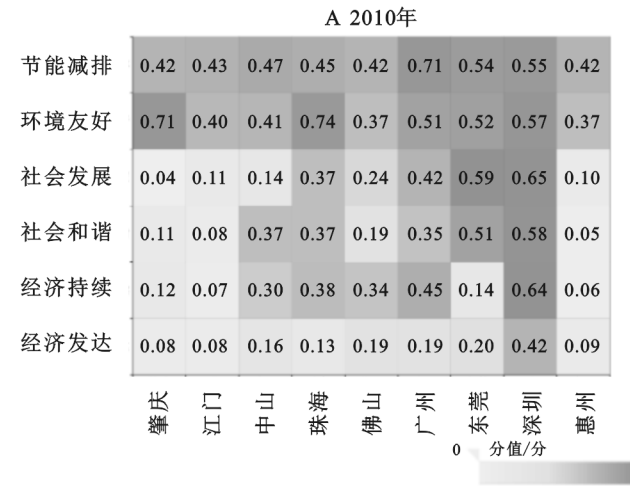


图 2 土地利用效益准则层对比

3.3 土地利用效益要素层维度分析

在要素层将各指标分为 6 大方面,即经济发达、经济持续、社会和谐、社会发展、环境友好和节能减排,按照各城市地理位置分布,热力图的横轴按次序分为肇庆、江门、中山、珠海、佛山、广州、东莞、深圳和惠州,通过热力图反映各城市之间的时空差异(图 3)。

3.3.1 经济发达效益 2010 年,珠三角 9 市的经济状况等级较低,深圳 0.42 最为突出,广莞佛评分值非常接近;肇江惠均在 0.10 以下,等级为低效,区域内部效益差异较大。2017 年,随着深广等核心城市功能、产业不断外延扩散,其比邻的佛莞中珠承接穗深港经济、技术、信息与劳动力的迁移,经济迎来新的动力并不断发展,深圳效益等级跃升为高效,广佛中珠由低效升为较低效,莞惠江肇等级不变;反观江肇两个效益下降的城市,虽然能受到多个核心城市的影响,但没有与其形成固定发展结构推动经济发展,仍处于低效等级。地区内整体经济发达效益上升,城市之间差异明显扩大,极差由 0.34 提高到 0.96。空间



分布特点为珠三角核心城市功能等级相对较强,东西部城市效益等级较弱。

3.3.2 经济持续效益 2010 年,珠三角 9 市中经济持续效益最高的是深圳,分值达到 0.64,效益等级为较高效;最弱的是惠州,分值为 0.06;区域内部效益差异较大,整体效益表现较低效。2017 年,深圳效益仍是最强,广珠等级均为较高效,江肇为较低效,其他城市表现为中效。2010—2017 年,广深等核心城市通过加大科技创新投入、完善科技创新政策等方式吸引大量技术产业的集聚,相比其他各市,经济可持续上升到较高水平;原本的劳动密集型企业逐渐转移到邻近城市如中惠等劳动力费用相对较低的区域;江肇则无此区位优势,更多依托本市发展;其他城市则通过加大投资以开展产业转型、调整和改造,逐步实现水泥、采矿等高能耗、高排放行业的退出;9 市效益分值均为上升,增幅明显,其中惠江肇莞增长较快,城市之间差异有所扩大,极差由 0.58 上升为 0.63。从空间差异来看,中心城市经济持续效益较高,外围城市效益等级较低。

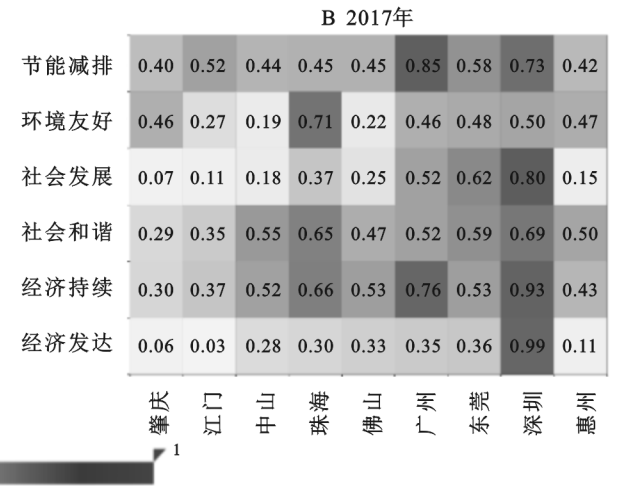


图 3 2010 年、2017 年土地利用效益要素层热力图

3.3.3 社会和谐效益 2010 年社会和谐效益最强的是深圳,其次是东莞,均为中效;最弱的是惠州,与江佛肇同处于低效等级,其余城市等级均为较低效,可以看出区域社会和谐效益整体表现较弱。2017 年,深珠为较高效,广莞中佛惠均为中效等级城市;分值最低的是肇庆,为 0.29,整体效益偏一般。自 2010 年广佛地铁开通,两市从基础设施对接到制度对接,跨界地区成为城镇建设密集区,佛山人均收入不断攀升,佛山社会和谐效益增幅显著;同样,惠州在“深莞惠”建设下,三市资源快速流通;珠海因自身宜居建设规划,其效益增幅也相当大。总体上,由于大力发展公共交通,9 市共同不断完善交通网络,绿色交通出行结构改善,城市土地社会保障功能加强,各市等级上升明显,珠佛惠均上升两个等级,东莞保持不变,其他

城市均上升一个等级,城市之间差异缩小,极差由 0.53 下降为 0.40。中部区域城市社会和谐效益较高,东西部区域城市效益相对较低。

3.3.4 社会发展效益 2010 年,社会发展效益最高的是深圳,为较高效;其次是东莞,最低的是肇庆,仅为 0.04,区域内部效益相差较大,整体效益表现为较低效。2017 年,深圳效益分值最高,与东莞等级均为较高效,肇庆仍是效益最低;可以看出整体效益有所上升,城市之间差异有所增大,极差由 0.61 增至 0.72。2010—2017 年,除了东莞由中效升为较高效,其他城市等级均保持不变,除了珠海为负增长,其他各市均为正向增长。城市之间联系较弱,交通和产业互动性较高,但生活层面建设不足;外围城市仍处于要素的吸引与集聚阶段,对人口吸引力远远不如核心

城市;城市土地规划布局不合理,建设用地扩展与实际配置差距大,故整体社会发展效益提高不显著。从空间布局看,中心城市的社会发展效益等级较高,外围城市的效益等级较低。

3.3.5 环境友好效益 2010 年,珠肇两市的环境友好效益最高,为较高效,广莞深中均为中效,江佛惠为较低效,各城市间的效益差异不大,整体效益一般。2017 年,效益最高的是珠海,为较高效,效益最低的是中山,江佛均为较低效,其他城市等级均为中效,区域内效益水平差异逐渐增大,极差由 0.38 上升为 0.52。2010—2017 年,珠三角城市化发展占用大量生态用地,城乡绿色空间破碎化较为严重,生态让步于经济发展必然导致一系列的环境污染问题,相比社会经济的联系,9 市的生态联系还主要局限在广佛肇、珠中江、深莞惠 3 个区域内。除惠州的评分值有所提高,其余各市环境友好效益分值均为下降,其中佛中肇江下降幅度均在 30%以上。两个时间点的数据显示,土地利用的环境友好效益空间分布特点为个别城市效益较高,整体水平差异有所扩大。

3.3.6 节能减排效益 2010 年节能减排效益最高的地区是广州,效益评分为 0.71,等级为较高效;其他城市效益分均相差不大,均为中效,整体效益为一般偏上。2017 年,广州升为高效,深圳升为较高效,肇庆则降为较低效,其他各市等级均保持不变。2010 年,深圳成为全国第一个“国家低碳生态示范市”,之后不断推进建设碳排放交易试点、低碳服务产业培育等工程,在节能减排方面取得重大成绩,提升最显著;其他各市在发展中将工业向园区集聚,同时注重生态环境基础设施建设,但发展中也出现一些问题,如土地利

用效益和城市功能结构不均衡、无较强经济基础促进产业低碳化等。总体来说,节能减排增长幅度不大,城市之间差异有所增大,极差由 0.29 增至 0.45,主要表现为中心城市较强,外围地区相对较弱。

3.4 障碍因子诊断

3.4.1 要素层障碍因子 从表 3 可以看出,各要素层对土地利用效益的障碍度影响及变化趋势不同。研究期内,经济发达、经济持续与社会和谐障碍度总体呈下降态势,其中经济持续下降最明显,为一 30.34%;社会发展、环境友好和节能减排则呈上升态势,其中环境友好上升 56.43%,增幅最大。从作用强度看,研究期内各要素层对珠三角土地利用效益阻碍格局发生较大变化,经济发达始终是排名第一的障碍因素,2010 年第二、三障碍因素为经济持续和社会发展,2017 年社会发展阻碍强度超过经济持续,成为第二障碍,而环境友好成为第三障碍因素。未来,珠三角土地利用效益的提升必须从增强经济发展质量,注重城市规划和产业优化着手,推进绿色产业带动经济发达和促进环境友好。珠三角各市要素层障碍度存在不同程度的差异,其中又以经济发达效益最为明显,极差由 7.06 增至 33.63;同时,2010 年有 5 个城市经济发达障碍度低于平均水平,2017 年减少为 3 个,以外围城市居多,未来惠、江两市经济发达效益亟待提升。其次为环境友好,虽然研究期内障碍度超过平均值的城市由 7 个下降至 4 个,但城市间障碍度差距扩大明显,极差由 8.01 上升至 25.56。经济持续、社会和谐、节能减排要素层内部差异相对不大,极差均有所扩大,城市之间差距缩小的只有社会发展,极差下降了 0.95。

表 3 珠三角九市土地利用效益要素层障碍度 %

城市	经济发达		经济持续		社会和谐		社会发展		环境友好		节能减排	
	2010 年	2017 年	2010 年	2017 年	2010 年	2017 年	2010 年	2017 年	2010 年	2017 年	2010 年	2017 年
广州	33.15	35.18	14.30	8.35	16.36	15.94	15.48	17.06	11.56	17.14	9.15	6.33
佛山	26.71	25.09	13.78	11.27	16.42	12.24	16.31	18.44	12.14	17.20	14.63	15.76
肇庆	28.19	29.42	17.08	13.85	16.80	13.56	19.20	18.99	5.13	9.88	13.61	14.31
深圳	30.78	1.55	12.20	4.96	13.79	21.53	12.12	15.22	13.14	33.53	17.97	23.22
东莞	31.27	31.08	21.45	14.47	11.88	12.22	10.64	12.08	10.88	14.70	13.88	15.44
惠州	26.10	31.01	17.11	12.56	16.71	10.79	16.82	19.49	10.53	10.84	12.73	15.31
珠海	33.15	32.82	14.93	10.23	14.71	10.01	15.75	19.43	5.66	7.97	15.80	19.55
中山	28.08	26.27	14.86	11.06	13.02	10.02	18.85	19.69	11.61	17.26	13.58	15.69
江门	26.61	30.85	17.13	12.75	16.46	12.65	17.00	18.53	10.18	13.57	12.62	11.64
均值	29.34	27.03	15.87	11.05	15.13	13.22	15.80	17.66	10.09	15.79	13.78	15.25

3.4.2 指标层障碍因子 参考相关研究,筛选出各城市前 5 位障碍因子^[29-30],各城市指标层的障碍因子见表 4。结果表明:珠三角各市土地利用效益的障碍

因子不尽相同,障碍因子排序也不一致。研究期内排序前 4 位的障碍指标均没有发生变化,始终为 A₃(地均财政收入)、A₂(地均社会消费品零售总额)、A₁(地

均固定资产投资额)、 C_7 (污水处理厂处理能力), 第五位障碍因子则由 A_6 (研究与试验发展(R&D)经费支出占 GDP 比重)变为 B_4 (城市人口密度)。其中 A_3 始终是首要障碍指标, 对土地利用效益影响具有相对稳定性。珠三角作为经济发展和生产技术水平较高的地区, 虽然政府财政收入不断增加, 但空间配置极不均衡, 核心强边缘弱的格局十分明显, 在不断加强经济发展的同时应调整分配政策, 否则未来可能会进一步阻碍土地利用效益的提升, 使得城市之间差距扩大, 不利于整体发展。 A_2 是仅次于 A_3 的第 2 大障碍因子, 地均社会消费品零售总额代表着居民购买消费水平和土地管理的间接经济效益, 当前珠三角第三产业的蓬勃发展使得地均社会消费品零售总额不

断增加, 但土地利用不尽合理也成为地区土地利用效益提高的阻碍。2010 年后, 土地投资强度增大, 经济发展态势良好, A_1 的阻碍程度也逐渐下降, 出现频次由 2010 年的 9 次下降至 2017 年的 5 次, 但仍位于第 3 障碍因子。虽然各市污水处理厂处理能力不断提高, 但 C_7 的障碍作用呈现上升趋势, 未来仍需加大节能减排建设力度。 A_6 的阻碍作用下降明显, 离不开近年来珠三角对科技投入的重视。研究期内 B_4 的障碍程度赶超 A_6 , 上升为第 5 障碍因素, 土地利用集约程度需进一步提高, 特别是对于肇惠江 3 市, 在充分考虑自身发展现状与财政供给能力下, 吸引更多人口不仅将促进城市土地集约利用, 也将为经济社会发展带来更多原动力。

表 4 珠三角九市土地利用效益指标层的障碍因子

城市	第 1 障碍因素		第 2 障碍因素		第 3 障碍因素		第 4 障碍因素		第 5 障碍因素	
	2010 年	2017 年	2010 年	2017 年	2010 年	2017 年	2010 年	2017 年	2010 年	2017 年
广州	A_3	A_3	A_1	B_1	B_1	C_1	A_2	A_1	A_6	B_4
佛山	A_3	A_3	A_2	B_5	A_1	C_1	B_5	C_7	C_7	A_2
肇庆	A_3	A_3	A_1	A_1	A_2	A_2	C_7	C_7	A_7	B_4
深圳	A_3	C_5	C_5	B_5	A_1	C_3	B_5	C_2	B_2	B_3
东莞	A_3	A_3	A_2	A_1	A_1	C_1	B_2	A_2	A_6	C_5
惠州	A_3	A_3	A_1	A_2	A_2	A_1	B_1	B_4	C_7	C_7
珠海	A_3	A_3	A_1	B_6	A_2	C_7	B_6	A_2	C_7	B_4
中山	A_3	A_3	C_7	C_7	A_2	B_6	A_1	A_2	B_5	C_1
江门	A_3	A_3	A_1	A_2	A_2	A_1	C_7	C_7	B_4	B_4

4 讨论与结论

(1) 在空间上, 珠三角各市土地利用效益水平呈现“核心—边缘”结构, 位于广深科技创新走廊的广深莞 3 市要显著优于其他城市。2010—2017 年珠三角各市土地利用效益稳步上升, 城市之间差距逐渐扩大, 但仍未出现高效城市, 土地利用效益水平有待进一步提升。珠三角各市土地利用经济效益、社会效益和生态环境效益呈现明显的等级层次性, 研究期内经济效益和社会效益增速较快, 生态环境效益有所下降, 经济效益、生态环境效益和社会效益的差异变化依次变小。珠三角各市要素层面的评价得分具有不平衡性, 存在各自的优势和不足, 城市之间差异扩大最明显的是经济发达效益, 极差上升了 0.62; 差距缩小的只有社会和谐效益层面, 极差下降了 0.13。

(2) 采用障碍度模型对各城市进行障碍因子诊断, 不同类别的城市, 其土地利用效益的障碍因素也各有不同, 障碍度差别也较大。关于要素层障碍程度, 经济发达、经济持续与社会和谐呈下降态势, 社会发展、环境友好和节能减排障碍度则呈上升趋势。就

指标层障碍因子而言, 研究期内排序前 4 位的障碍指标并没有发生变化, 分别为地均财政收入、地均社会消费品零售总额、地均固定资产投资额、污水处理厂处理能力, 可以看出经济因素是主要制约因素。

为提升珠三角各市土地利用效益和促进其低碳生态城市建设, 未来应重点关注以下内容: 在经济层面, 发展低碳生态产业, 注重分区引导; 包括调整优化产业结构, 大力发展生态工业; 创建产业发展链条, 促进资源能源的共享和循环利用; 针对各市不同发展水平, 制定不同的鼓励引导政策和保障体系。在社会层面, 贯彻低碳生态理念, 打造低碳交通; 包括提高公众低碳意识和参与度, 鼓励绿色生活方式; 完善以轨道和公交为核心的交通出行结构, 构建绿色交通体系; 增强就业教育等土地社会保障功能, 推动城市向低碳生态目标稳步发展。在生态环境层面, 推广环境友好土地利用模式, 优化低碳环境; 包括加强污染监测治理, 全力推动重工业节能减排; 推广绿色建筑, 注重对可再生资源的研发和利用; 完善市镇生态补偿机制, 严格限制农用地非农化; 强化建设生态功能区, 增强区域整体生态联系。最后, 针对障碍因素层面, 应创

建障碍因子的动态管理体系,通过动态追踪监测与分析障碍因素,及时采取相应政策措施进行改善和管理,努力削减障碍因子。

由于目前基于低碳生态城市建设视角的土地利用效益评价仍处于初级阶段,本文在将低碳生态城市理念融入土地利用效益评价的过程中,只能选择易于获取数据的指标,导致评价所考虑的方面相对不全,未来应进一步改善指标体系以使评价结果更加科学;同时应深入研究并创建实施导向性的指标体系以引领低碳生态城市建设,使其成为详细有效的发展纲领,指导城市实现可持续发展目标。

参考文献:

- [1] 仇保兴.我国城市发展模式转型趋势:低碳生态城市[J].城市发展研究,2009,16(8):1-6.
- [2] 郝文升.低碳生态城市过程创新与评价研究[D].天津:天津大学,2012.
- [3] 孙菲,罗杰.低碳生态城市评价指标体系的设计与评价[J].辽宁工程技术大学学报:社会科学版,2011,13(3):258-261.
- [4] 武静静,柴立和,赵静静.低碳生态城市发展水平评价的新模型及应用:以天津市为例[J].环境科学学报,2015,35(5):1563-1570.
- [5] 徐鹏,林永红,栾胜基.低碳生态城市建设效应评估方法构建及在深圳市的应用[J].环境科学学报,2016,36(4):1457-1467.
- [6] 王海峰,赵国杰.再改进空间矢量法测度城市低碳生态化发展研究[J].河北大学学报:哲学社会科学版,2019,44(5):115-123.
- [7] 肖华斌,盛硕,刘嘉.低碳生态城市空间规划途径研究综述与展望[J].城市发展研究,2015,22(12):8-12.
- [8] 方创琳,王少剑,王洋.中国低碳生态新城新区:现状、问题及对策[J].地理研究,2016,35(9):1601-1614.
- [9] DeFries R S, Foley J A, Asner G P. Land-use choices: Balancing human needs and ecosystem function [J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2004,2(5):249-257.
- [10] Deakin M, Reid A. Sustainable urban development: Use of the environmental assessment methods [J]. Sustainable Cities and Society, 2014,10:39-48.
- [11] 朱文娟,孙华.江苏省城市土地利用效益时空演变及驱动力研究[J].中国土地科学,2019,33(4):103-112.
- [12] 倪维秋.中国三大城市群城市土地利用经济、社会、生态效益的耦合协调性及其空间格局[J].城乡规划,2016,23(12):69-77.
- [13] 费罗成,吴次芳,罗文斌,等.枣庄市转型期土地利用综合效益及制约因素分析[J].地域研究与开发,2014,33(6):125-130.
- [14] 陈诚.河南省区域土地利用综合效益评价分析[J].江苏科技信息,2017(24):75-76.
- [15] 李欣.芜湖市城市土地利用效益综合评价研究[D].合肥:安徽农业大学,2018.
- [16] 朱珠,张琳,叶晓雯,等.基于 TOPSIS 方法的土地利用综合效益评价[J].经济地理,2012,32(10):139-144.
- [17] 刘畅,师学义,梁旭琴,等.基于物元模型的资源型城市土地利用效益动态评价研究[J].水土保持研究,2015,22(4):122-131.
- [18] 夏敏,尚晓文.基于生态文明建设的南京市土地利用综合效益协调性研究[J].山西农业大学学报:社会科学版,2017,16(2):33-37.
- [19] 张春慧,郑荣宝,陈美招,等.主体功能区划基础上的珠江三角洲土地利用效益评价研究[J].资源开发与市场,2016,32(1):46-50.
- [20] 黄鹂,毕明岩,韩博.黑龙江省土地利用效益综合测度及耦合协调度研究[J].中国农业资源与区划,2016,37(11):20-28.
- [21] 武京涛,涂建军,阎晓,等.中国城市土地利用效益与城市化耦合机制研究[J].城市发展研究,2011,18(8):42-45.
- [22] 张常新,罗雅丽.基于低碳生态理念的城市土地利用模式优化途径[J].生产力研究,2012(7):135-136.
- [23] 王冕,郝原悦,戴刘冬.国外低碳生态城市建设启示:土地利用视角[J].中国外资,2017(3):40-43.
- [24] 张晓芳.土地利用效益与新型城镇化协调度分析与评价:基于长江中游地区的实证分析[J].中国农业资源与区划,2017,38(4):62-68.
- [25] 李春燕,南灵.陕西省土地生态安全动态评价及障碍因子诊断[J].中国土地科学,2015,29(4):72-81.
- [26] 马勇,颜琪,陈小连.低碳旅游目的地综合评价指标体系构建研究[J].经济地理,2011,31(4):686-689.
- [27] 周宏浩,陈晓红.东北地区可持续生计安全时空分异格局及障碍因子诊断[J].地理科学,2018,38(11):1864-1874.
- [28] 王琼.我国沿海城市土地利用效益评价研究[D].河北保定:河北大学,2019.
- [29] 任嘉敏,马延吉.东北老工业基地绿色发展评价及障碍因素分析[J].地理科学,2018,38(7):1042-1050.