

基于 DSR 模型的城市土地低碳集约利用评价 ——以武汉市为例

张 苗¹, 陈银蓉¹, 周 浩²

(1. 华中农业大学 公共管理学院, 武汉 430070; 2. 武汉市规划编制研究和展示中心, 武汉 420014)

摘 要:城市土地低碳集约利用不仅符合低碳经济发展要求,更对城市和城市土地的可持续发展具有重要意义。为探究城市土地低碳集约利用的特点和评价方法,采用文献法、模型法和层次分析法,建立基于 DSR 模型的城市土地低碳集约利用评价体系,并以武汉市为实证研究区域验证其合理性。研究结果表明:2000—2010 年武汉市土地低碳集约利用水平总体呈上升趋势,得益于武汉市政府采取了正确且有力的响应措施;武汉市 DSR 系统协调度与土地低碳集约利用水平呈现正相关关系;存在 DSR 系统驱动力相对不足以及响应的大幅提高制约土地低碳集约利用水平的问题,需合理改善和投入响应系统和驱动力系统的相关指标。研究结论:DSR 模型能够成功运用于城市土地低碳集约利用评价,为城市土地低碳集约利用评价提供了概念模型,避免了指标归属模糊问题,并能够有效分析政策的实施效果。

关键词:土地低碳集约利用; DSR 模型; 层次分析法; 武汉市

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)05-0169-07

Evaluation for the Low-Carbon and Intensive Urban Land Use Based on the DSR Model —A Case Study of Wuhan City

ZHANG Miao¹, CHEN Yinrong¹, ZHOU Hao²

(1. College of Public Management, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Wuhan City Planning Research and Demonstration Center, Wuhan 430014, China)

Abstract: The low-carbon and intensive urban land use is not only to meet the requirement of low-carbon economy development idea, but also is of great significance for the sustainable development of cities and urban land. To explore the characteristics and evaluation methods of low-carbon and intensive urban land use, we used the DSR model, ANP and literature method to establish an evaluation model for the low-carbon and intensive urban land use based on the DSR, and selected Wuhan City as empirical research area to validate the model rationality. The empirical study result show that the development level of low-carbon and intensive system in Wuhan based on DSR model was increasing from 2000 to 2010, and all above was thanks to the correct and effective response measures which Wuhan municipal government had taken, and there is a positive correlation between the coordination degree of DSR and the level of low-carbon and intensive urban land use. However, such problems as the driving-force is relatively inadequate and large-increasing in the response, which restricts the improving of low-carbon and intensive system level of Wuhan, it still need focus on the reasonable improvement and inputs on the indicators of the response system and the driving force system. The conclusion is that the DSR model can be successfully applied to the evaluation of the low-carbon and intensive urban land use. It provides the conceptual model for the low-carbon and intensive urban land use and an effective solution to the problem of fuzzy index attribution. Further more, it is able to effectively analyze the implementation effect of the policy.

Keywords: low-carbon and intensive urban land use; DSR model; ANP; Wuhan City

收稿日期:2014-11-03

修回日期:2014-11-17

资助项目:国家社科基金“基于系统仿真的城市土地利用碳排放分析与低碳利用调控研究”(14BGL218);湖北省国土资源厅科技外事处系列研究项目“低碳概念下湖北省中心城市土地集约利用评价及政策改进研究”(GTZ2012A06);中央高校基本科研业务费专项“区域碳排放的土地调控机制之城市土地低碳利用的 DSR 模型研究”(2662013SC41);华中农业大学预研项目“城市土地利用与碳排放变化的动态相关分析”

第一作者:张苗(1989—),女,山东莱芜人,博士研究生,研究方向为土地利用与管理。E-mail:zhangmiao45@126.com

通信作者:陈银蓉(1963—),女,湖南长沙人,教授,博士生导师,主要从事土地利用与管理研究。E-mail:chyinrong@126.com

城市作为人类活动对地表影响最深刻的区域,具有承载社会、经济、文化等各种活动的功能^[1-2]。工业革命以来,城市及其周边土地利用与覆盖变化强烈,研究表明,土地利用与覆盖变化是仅次于化石燃料燃烧导致大气中 CO₂ 增加的第二大主要原因^[3-4]。自 2003 年低碳经济理念提出以来,低碳排放成为我国土地利用调控的新课题,随着该理念的渗入,国内学者将低碳经济与土地利用结合起来进行研究,并呼吁将土地利用低碳化加入城市土地集约利用内涵,逐步构建低碳经济理念下的土地集约节约利用评价指标体系^[2,5-9],做到全面评价城市土地集约利用水平,指导土地利用向低碳化方向发展,促进土地资源的可持续利用和低碳排放;国外的相关研究则注重以碳排放定量分析为基础,探讨低碳土地利用的管控措施^[10-11],鲜有低碳经济与土地集约利用评价结合的有关研究,国内虽已展开相关研究,但实证较少,理论也尚未成熟完善。本文拟在上述研究基础上,遵循低碳经济发展理念,建立基于 DSR 模型的城市土地低碳集约利用评价体系,探索更加全面、更具逻辑性的驱动力—状态—响应下的城市土地低碳集约利用评价指标体系,选择武汉市为实证研究区域,以期对武汉市土地低碳集约利用水平作出全面合理评价,为政府部门进一步制定有效政策提供信息支持,为低碳经济发展理念下的城市土地可持续利用和区域土地宏观政策调控机制研究提供科学依据。

1 城市土地低碳集约利用评价 DSR 模型构建

1.1 DSR 模型与城市土地低碳集约利用

DSR(Driving force-State-Response)模型是 PSR(Pressure-State-Response)模型的改进和完善,因为原来的压力仅能代表负面因素,而改进后的驱动力则能全面表示人类改造环境的正面和负面因素,由 20

世纪 90 年代澳大利亚 WSRO(Western Sydney Regional State of Counceils Lud)提出^[7-8,12]。DSR 模型的应用机理在于能够检测驱动力、状态和响应子系统下各指标之间的连续回馈机制,从而帮助探索人类活动与环境影响之间的因果链,在生态环境评价方面得到了较为普遍的认可和应用^[13]。

土地利用变化最主要的驱动因素是社会经济发展和技术进步^[14],两者促进了城市化和工业化的快速发展,导致城市建设用地迅速扩张,土地的刚性供给决定了建设用地的扩张有限,人类站在“理性人”的角度,企图以最小的投入和有限的土地资源获取最大的产出^[15],对有限的城市土地开展一系列的高强度、高投入的利用和改造活动,导致土地利用类型和结构发生变化,最主要的是城市建设用地数量、结构和功能的变化,使得城市土地的物理使用强度(如城市综合容积率)、经济使用强度(如地均 GDP)发生状态变化,同时建设用地作为土地利用类型中最主要的碳源^[16-19],土地的碳排放强度(如地均净碳排放量)也会发生状态变化;城市土地的管理者对土地低碳集约利用驱动力(D)和状态(S)做出响应(R),响应的科学性和力度直接影响了今后城市土地低碳集约利用的水平。

以上分析将 DSR 模型与城市土地低碳集约利用内涵有机结合起来,形成 DSR 框架下的城市土地低碳集约利用模型(图 1)。

1.2 DSR 模型下城市土地低碳集约利用评价指标体系

根据城市土地低碳集约利用的 DSR 模型框架,遵循综合全面、独立、科学可行的原则,本文将指标体系分为目标层、准则层和指标层,包括驱动力、状态和响应等指标体系(表 1)。城市土地集约利用评价指标体系^[19-22]研究时间较早且成熟,本文着重说明城市土地低碳利用相关指标的选取依据。

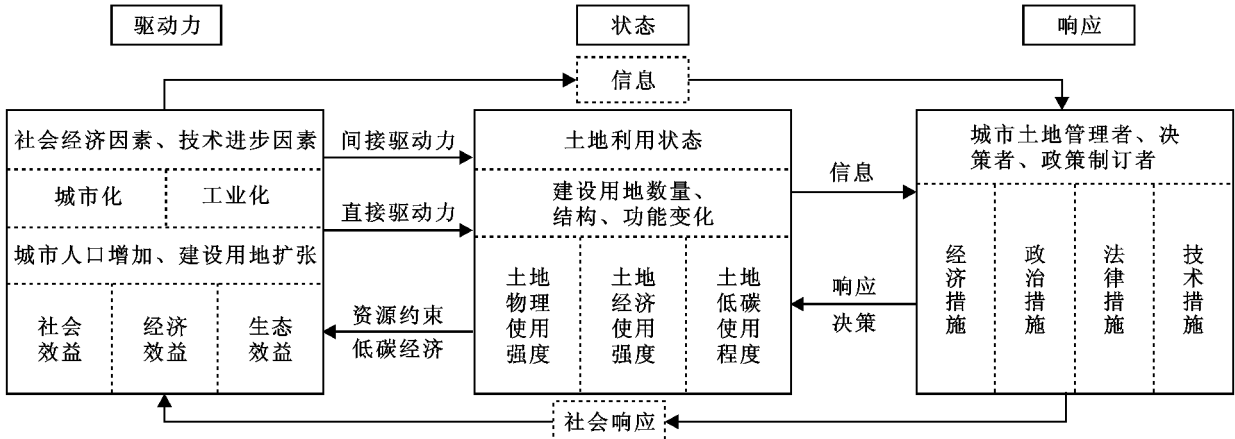


图 1 城市土地低碳集约利用的 DSR 模型框架

选取净碳排放量和土地利用碳结构系数作为反映土地低碳利用状态的指标。其中净碳排放量是指碳源排放总量和碳汇吸收总量的差值,若为正值则表示城市区域表现为碳排放功能,值越大则碳排放强度越大,反之则表现为碳吸收功能;土地利用碳结构系数是指碳汇土地面积与碳源土地面积比重,用以反映城市土地利用中的碳汇、碳源结构,一般来讲,碳汇土地面积越大,碳源土地就越小,土地碳排放量少,反之则碳排放量高,本文将耕地和建设用地作为碳源^[17],园地、林地、草地、水域作为碳汇^[7,16]。

选取林地比率和每万人拥有公共车辆数作为政

府部门采取主要的土地低碳利用响应措施。在所有的土地利用类型中,林地是最主要的碳汇^[7,16],因此保护现有林地面积以及采取植树种林措施可以减缓土地的高碳排放,增加土地碳吸收。城市土地的扩张导致人们去市中心上班的距离增加,还有“逆城市化”导致人们更加愿意选择住在离市中心较远的地方,这种趋势导致交通碳排放增加^[14];梅建屏等^[23]通过探讨城市微观主体土地利用模式对碳排放的影响,表明私人交通的碳排放量明显大于公共交通,因此,本文用每万人拥有的公共车辆数反映政府部门对交通碳排放增加采取的响应。

表 1 DSR 模型下的城市土地低碳集约利用评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标说明或释义	指标性质
城市土地低碳集约利用	驱动力(D) 指标体系	人均 GDP(D_1)	GDP 与城市总人口之比	正向
		GDP 增长率(D_2)	GDP 较上年增加比例	正向
		第三产业占 GDP 比重(D_3)	第三产业产值与 GDP 之比	正向
		城市化率(D_4)	城市人口与辖区总人口之比	正向
		建设用地年增长率(D_5)	建设用地较上年增加比例	负向
		城市人口与用地弹性系数(D_6)	人口增长百分比与建设用地增长百分比的比值	适度
	状态(S) 指标体系	城市人口密度(S_1)	市区人口/市区土地面积	正向
		城市综合容积率(S_2)	总建筑面积/建设用地总面积	正向
		地均 GDP(S_3)	GDP/市区土地面积	正向
		人均道路面积(S_4)	城市道路面积与城市总人口之比	正向
		人均公共绿地面积(S_5)	公共绿地面积/市区人口	正向
		建成区绿化覆盖率(S_6)	绿化覆盖面积/建成区面积	正向
		单位 GDP 能耗(S_7)	能源消耗量/GDP	负向
		地均净碳排放量(S_8)	净碳排放/市区土地面积	负向
		土地利用碳结构系数(S_9)	碳汇土地面积/碳源土地面积	适度
		地均二氧化硫排放量(S_{10})	工业二氧化硫排放量/市区土地面积	负向
	响应(R) 指标体系	地均固定资产投入(R_1)	固定资产投资额/市区土地面积	正向
		每万人拥有公共车辆数(R_2)	—	正向
		地均污染治理金额(R_3)	污染源治理金额/市区土地面积	正向
		工业废水达标排放率(R_4)	工业废水达标量/工业废水排放量	正向
		地均城镇单位从业人数(R_5)	城镇单位从业人数/市区土地面积	正向
		林地比率(R_6)	林地面积/市区土地面积	正向

2 实证分析

2.1 武汉市概况

武汉市位于我国的中部区域、江汉平原东部,地处东经 113°41′—115°05′,北纬 29°58′—31°22′,为湖北省省会,辖 13 个区,其中江汉区、江岸区、硚口区、武昌区、青山区、洪山区、汉阳区为中心城区,黄陂区、蔡甸区、东西湖区、江夏区、新洲区、汉南区为郊区,此外,还设有东湖高新技术开发区、吴家山台商投资区、武汉经济开发区 3 个国家级开发区;是国务院批准的中部地区中心城市和国务院定位的中部崛起战略

支点城市,是华中地区乃至中国内陆最大工商业城市,为国内重要的工业基地。2010 年全市总面积为 8 569.15 km²,其中城区面积为 953.66 km²;全市总户籍人口 836.73 万人,市区户籍人口 541.28 万人,全市常住人口 978.54 万人;GDP(市辖区)总量为 4 559.11 亿元。本文的研究范围为武汉市 13 个市辖区,下文所有的数据来源与数据运算均以此为基础进行。

2.2 数据来源及处理

本文所采用的经济、社会和能源数据主要来自于《中国城市统计年鉴》(2001—2011 年)、《中国城市建设统计年鉴》(2001—2011 年)和《武汉统计年鉴》

(2001—2011 年)等相关统计年鉴,土地利用数据来自于武汉市国土资源和规划局。相关数据根据指标因子定义计算得到,其中土地利用碳排放指标按照不同土地利用类型的碳排放系数^[2]进行计算。本文研究对象仅限武汉市,自然地理及气候的差异并不显著,且从一个城市的角度研究土地的碳排放和碳吸收,因此不考虑不同城市用地类型的碳排放系数差异,其中耕地、园地、林地、草地,通过面积和对应的碳排放系数^[2]进行计算,见公式(1)。由于建设用地细分下的居住、商业、交通等土地利用类型并不具有统一的碳排放系数且鲜有文献研究,而建设用地的碳排放主要来源可以总结为工业能源消耗、商业活动消耗、居民生活消耗、交通能源消耗和人类呼吸等^[17-18],因而本文估算建设用地利用碳排放是根据人类社会生产和生活活动在建设用地上所消耗的能源,包括煤炭、石油、燃料油、汽油、柴油、煤油以及焦炭所产生的碳排放量进行测算^[24-25],见公式(2)。

$$E_i = s_i \delta_i \tag{1}$$

式中: E_i ——除建设用地以外的第 i 种土地类型的碳排放量,包括耕地、园地、林地、草地面积; s_i ——对应的土地面积; δ_i ——第 i 种土地类型对应的碳排放系数。

$$E = \sum e_j \delta_j \tag{2}$$

式中: E ——建设用地所承载的能源碳排放总量; e_j ——建设用地承载的第 j 种能源消耗量; δ_j ——第 j 种能源的碳排放系数^[2]。

指标有正指标、逆指标和适度指标之分,采用式(3)量化函数进行指标的标准化处理。

$$X'_{ij} = \begin{cases} (X_{ij} - X_{imin}) / (X_{imax} - X_{imin}) & \text{(正指标)} \\ (X_{imax} - X_{ij}) / (X_{imax} - X_{imin}) & \text{(负指标)} \\ 1 / (1 + |a - X_{ij}|) & \text{(适度指标)} \end{cases} \tag{3}$$

式中: X'_{ij} ——指标标准值; X_{ij} ——指标原始值; X_{imin} ——第 i 项指标的最小值; X_{imax} ——第 i 项指标的最大值; a ——合理阈值。其中城市人口用地增长弹性系数 D_6 为适度指标,参考赵小凤等^[19]研究的城市土地集约利用研究进展,确定合理阈值为 1.12,根据相关文献已有数据^[2],本文土地利用碳结构系数合理阈值确定为 5.72。

2.3 DSR 框架下武汉市土地低碳集约利用评价

2.3.1 层次分析法确定 DSR 指标权重 大部分学者采用主成分分析法^[26]确定 PSR 模型下的指标权重,考虑到计量经济学中样本容量^[27]的基本要求,即 $n \geq 30$ 或者至少 $n \geq 3(k+1)$ 时,才能满足模型估计的基本要求,而一般情况下指标数(变量)与时间序列数或者空间个数(case)相差无几,不满足样本容量要

求,无法通过 KMO 和 Bartlett 检验,这使得研究结果仅能体现数学意义而无社会经济意义。低碳经济的评价指标体系分两种:一种是利用层次分析法把所选取的指标体系指数化,赋予权重后加总,以得分高低排名;另一种是给各指标设定不同阈值,以是否达到阈值(目标值)为考核标准^[28]。在城市土地集约利用研究中采用最多确定权重的方法是层次分析法^[19-20,29],综合低碳经济和土地集约利用评价指标体系的各自特色,本文采用层次分析法建立 DSR 框架下城市土地低碳集约利用层次分析模型,采用成对比较法和 1—9 尺度,构造各层对上一层每一因素的成对比较矩阵,采用 MATLAB 软件计算权向量并作一致性检验($CR \leq 0.1$),确定 DSR 准则层和指标层权重(表 2)。

表 2 DSR 框架下城市土地低碳集约利用评价指标权重值

驱动力(D)	0.1594	状态(S)	0.4781	响应(R)	0.3625
D_1	0.0428	S_1	0.0750	R_1	0.3751
D_2	0.0641	S_2	0.0750	R_2	0.1868
D_3	0.1006	S_3	0.0942	R_3	0.0830
D_4	0.1596	S_4	0.0685	R_4	0.0489
D_5	0.2504	S_5	0.0920	R_5	0.1347
D_6	0.3825	S_6	0.0920	R_6	0.1715
		S_7	0.0979		
		S_8	0.1437		
		S_9	0.1610		
		S_{10}	0.1005		

2.3.2 结果计算与分析 根据公式(4)分别计算驱动力、状态和响应得分值(图 2)。根据公式(5)计算 DSR 综合评价价值(图 3)。为了进一步反映土地低碳集约利用的驱动力、状态和响应指标动态变化,绘制 2000 年、2005 年和 2010 年 3 年的雷达图(图 4)。根据公式(6)计算驱动力—状态—响应 3 个子系统的协调度(表 3),判断协调状况好坏,并判断武汉市土地低碳集约利用水平与 DSR 系统协调度的相关关系(图 5)。

$$f_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} B_{ij} \tag{4}$$

式中: A_{ij} ——指标层标准化值; B_{ij} —— A_{ij} 对应权重; f_i ——第 i 个准则层的分值,即对应的驱动力、状态和响应 3 个准则层。

$$F = \sum_{i=1}^3 f_i B_i \tag{5}$$

式中: F ——城市土地低碳集约利用综合评价分值; f_i ——驱动力、状态和响应对应的分值; B_i ——驱动力、状态和响应对应权重。

$$CI = \frac{D+S+R}{\sqrt{D^2+S^2+R^2}} \tag{6}$$

式中:CI——协调度指数; D, S, R ——驱动力、状态、响应得分值。

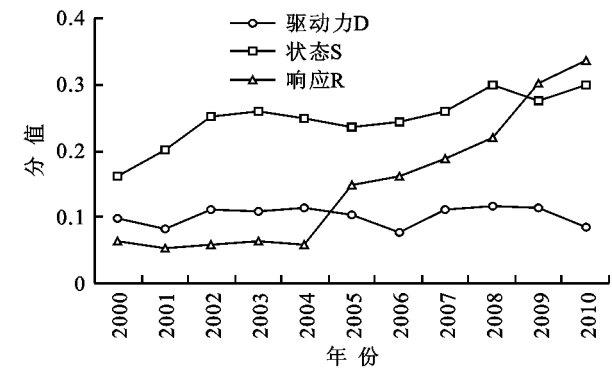


图 2 DSR 框架下 2000—2010 年武汉市土地低碳集约利用准则层评价结果

由以上计算结果分析如下：

(1) 从综合评价结果看,2000—2006 年武汉市土地低碳集约利用水平在波动中增长,2006—2010 年则呈现稳定增长趋势,总体而言,2000—2010 年武汉市土地低碳集约利用水平呈上升态势。自 2003 年低碳经济理念提出以来,湖北省作为全国低碳试点省份,武汉市政府积极响应低碳经济发展理念,采取加大投入污染治理金额、保护林地加大植树造林力度等措施,在低碳经济发展的道路上摸索前进;2006 年,“中部崛起”正式成为国家重要发展战略,武汉市作为中部中心城市,对其改革与发展提供了机遇,也提出了要求,土地作为城市发展的载体,更要发挥其参与可持续发展的宏观调控作用,这与 2006 年武汉市土地低碳集约利用水平出现拐点不无关系;2007 年,武汉城市圈正式被国务院批准为“全国资源节约型和环境友好型社会建设综合

配套改革试验区”,更加坚定了武汉市土地利用走低碳化和集约化的道路,之前采取的政策效应愈加显现,保障了武汉市土地低碳集约利用水平的不断提升。

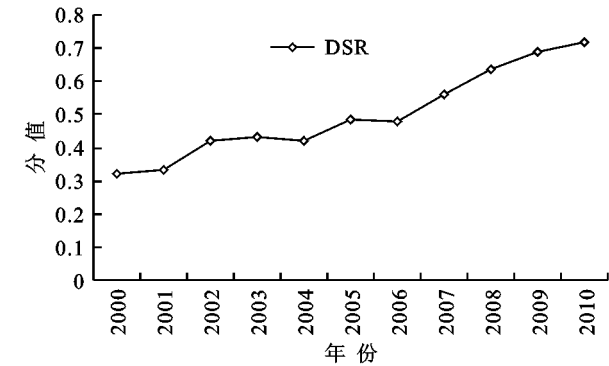


图 3 DSR 框架下 2000—2010 年武汉市土地低碳集约利用综合评价结果

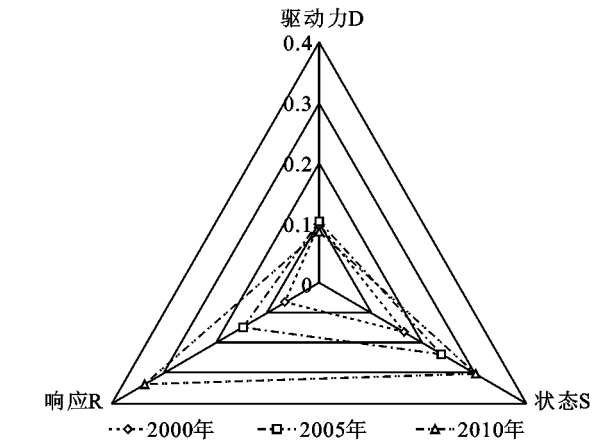


图 4 DSR 框架下武汉市土地低碳集约利用评价准则层指标图示

表 3 2000—2010 年武汉市土地低碳集约利用 DSR 系统协调度

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
协调度 CI	1.40	1.42	1.50	1.50	1.51	1.64	1.59	1.65	1.65	1.66	1.68

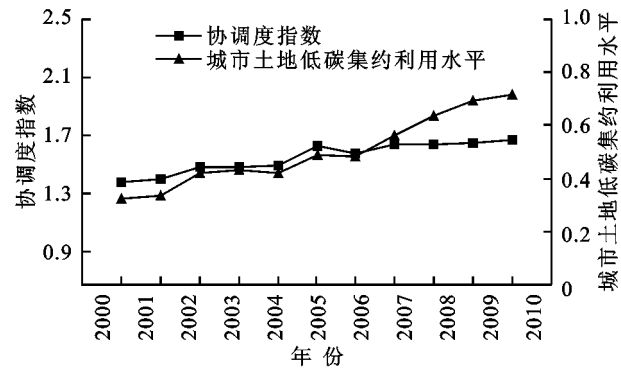


图 5 武汉市土地低碳集约利用水平与 DSR 系统协调度相关图

(2) 从准则层评价结果看,2000—2004 年,3 个子系统的得分排名是状态系统>驱动力系统>响应系统,说明 2005 之前武汉市土地低碳集约利用驱动力相对较大,虽然 2003 年以来采取了促进土地利用低碳化和集约化的措施,但是由于响应的滞后性,使

得响应系统水平仍低于驱动力系统水平;响应系统水平在 2004 年出现拐点,之后 2004—2010 年逐年提升,并导致 3 者的得分排名更新为状态系统>响应系统>驱动力系统,说明 2005 年之后响应系统能够承受驱动力系统带来的发展推力,武汉市政府在顺应低碳经济发展理念中所采取的政策效应显现;从 2009 年开始,3 者得分排名再次更新:响应系统>状态系统>驱动力系统,此时响应系统的积极作用会反馈给状态系统,从而提高状态系统水平,随着武汉市经济社会的进一步发展,城市化进程进一步加快,驱动力系统水平也将会进一步提高,并将作用反馈给响应系统和状态系统,会导致两者的再次改变,这说明 DSR 的 3 个子系统之间是相互作用的动态变化关系。对比 2000—2005 年、2005—2010 年两个 5 年,响应系统水平第 2 个 5 年增长幅度明显大于第 1 个 5 年,说明武汉市采取并加强了促进土地低碳集约利用的响应措

施,2000—2010年响应系统水平的变化趋势与土地低碳集约利用水平的变化趋势大致相同,表明采取的响应措施能够提高土地低碳集约利用水平,也反映了响应子系统对整个DSR系统的贡献。

(3)从DSR系统协调度与土地低碳集约利用相关关系看,DSR系统协调度2000—2001年保持在1.4,2002—2004年保持在1.5,之后除2006年外,基本维持在1.65水平,表明DSR系统协调度在波动中增长至基本稳定,虽然3个子系统的得分排名在不断变化,但是3者的相互作用关系日趋稳定。图5反映了武汉市土地低碳集约利用水平与其DSR系统协调度的相关关系,据图5可以判断两者呈正相关关系,经计算得两者相关系数为0.956,说明DSR系统内部协调度越好,土地低碳集约利用水平越高。根据DSR系统协调度的计算公式可知,当CI越接近于 $\sqrt{3}$ (≈ 1.732),驱动力、状态和响应3个子系统得分越相近,系统内部越协调,虽然2010年武汉市DSR协调度已经达到1.68,但是与稳定的1.73还有一定距离,武汉市在提高土地低碳集约利用水平的道路上还需再接再厉。

2.4 政策建议

通过构建DSR框架下的武汉市土地低碳集约利用评价模型,分析了武汉市土地低碳集约利用水平以及DSR系统的内部协调性,存在的问题如下:(1)2000—2010年整个驱动力系统一直在波动中变化,且幅度不大,在响应系统水平的不断提高的背景下,武汉市DSR系统驱动力显得不足;(2)2009年之后响应子系统分值超过状态和驱动力子系统,且2005—2010年响应子系统的增幅明显大于2000—2005年,也大于驱动力子系统和状态子系统的增幅,结果分析认为3个子系统的得分越接近越协调,如果继续以此种态势发展下去,将会导致协调度下降进而会影响土地低碳集约利用水平。针对以上问题,提出建议如下:

(1)关于DSR系统驱动力不足问题。需要加快城市化进程,提高城市化率,要加快经济结构转型,发展绿色GDP,提高第三产业GDP比重,走低碳经济发展之路,以此增加武汉市土地低碳集约利用驱动力。

(2)关于响应子系统问题。响应子系统里的指标,认为投入越多越好,但是考虑到土地的规模边际报酬递减理论,如地均固定资产投入(R_1)应有最佳投入规模使得土地产出效益最大,所以武汉市政府应该根据武汉市不同经济发展阶段调整资本投入,加大对第三产业的投入比重;增加公共汽车数量(R_2)可

以有效减少交通碳排放,但是过多的配置公共车辆数必然导致资源的浪费,甚至因为公车有效载客量的减少而引起碳排放的增加,尤其是武汉在大力发展地铁的时间段,因此武汉市政府有必要对交通工具资源配置做好均衡,减少不必要的投入;目前武汉市林地比率(R_3)还能承受驱动力的影响,但是林地对碳吸收的大小要根据林地生长阶段来决定^[23],因此武汉市相关部门应该积极发展和保护林地,平衡响应系统与驱动力系统的相互作用。

驱动力系统和响应系统趋于平稳会促进状态系统的稳定,最终维持整个DSR系统的稳定,提高城市土地低碳集约利用水平。

3 结论与讨论

3.1 结论

(1)通过实证分析验证,DSR模型能够成功运用于城市土地低碳集约利用评价,为城市土地低碳集约利用提供了概念模型,解决了指标归属模糊问题,并能够有效分析政策的实施效果;DSR系统协调度与城市土地低碳集约利用水平呈现正相关关系,表明DSR系统内部协调度越高,则城市土地低碳集约利用水平越高。

(2)实证研究表明,2000—2010年武汉市土地低碳集约利用水平呈总体上升趋势,尤其是2005年之后呈现稳定上升趋势,这与2005年之后武汉市政府采取的有力的响应措施分不开,相比于2000—2005年,武汉市政府在2005—2010年采取的响应措施更加有力。

(3)为了促进武汉市城市土地的进一步低碳化和集约化发展,应注重响应系统指标和驱动力系统指标的合理改善和投入,达到促进驱动力系统水平的提高,以及响应系统与状态系统和驱动力系统的平衡和谐发展,最终提高武汉市土地低碳集约利用水平。

3.2 讨论

(1)实证表明DSR模型适用于城市土地低碳集约利用评价,不仅继承了PSR模型优点,更是有效避免了指标体系混乱缺点。但在指标权重确定方法采用上,本文认为主成分分析法不适合作为确定指标权重的方法,原因在于违背了计量经济学中模型估计样本容量的基本要求,这与大多学者采用主成分分析法将PSR模型与城市土地集约利用评价结合有所不同。本研究根据DSR三个子系统信息反馈的特点,认为层次分析法虽然无法避免构造成对比矩阵时主观性较强的缺点,但更适合作为确定指标权重的方法。

(2) 本研究选取了一个城市从时间尺度上展开分析,未来的研究不应局限在时间尺度上,更要从空间尺度上展开研究,如选取相同时间段内的同类城市,或是与省域、全国甚至国际城市平均水平进行对比研究,指导实证研究城市土地更好地参与宏观调控,促进城市和社会经济可持续发展。

参考文献:

- [1] Churkina G. Modeling the carbon cycle of urban systems [J]. *Ecological Modelling*, 2008, 216(2): 107-113.
- [2] 周浩. 低碳理念下武汉市城市土地低碳集约利用评价研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2013.
- [3] Stuiver M. Atmospheric carbon dioxide and carbon reservoir change [J]. *Sciences*, 1978, 199(4326): 253-258.
- [4] Houghton R A, Hobbie J E, Melillo J M, et al. Changes in the carbon content of terrestrial biota and soils between 1860 and 1980: A net release of CO₂ to the atmosphere [J]. *Ecological Monographic*, 1983, 53(3): 235-262.
- [5] 朱道林, 林瑞瑞. 论低碳经济与转变土地利用方式[J]. *中国土地科学*, 2010, 24(10): 3-6.
- [6] 黎孔清, 陈银蓉. 低碳理念下的南京市土地集约利用评价[J]. *中国土地科学*, 2013, 27(1): 61-66.
- [7] 黎孔清, 陈银蓉, 陈家荣. 基于 ANP 的城市土地低碳集约利用评价模型研究: 以南京市为例[J]. *经济地理*, 2013, 33(2): 156-161.
- [8] 汪友结. 城市土地低碳利用的外部现状描述、内部静态测度及动态协调控制[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
- [9] 赵荣钦, 刘英, 郝仕龙, 等. 低碳土地利用模式研究[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(5): 190-194.
- [10] Glaeser E L, Kahn M E. The greenness of cities: Carbon dioxide emissions and urban development [J]. *Social Science Electronic Publishing*, 2008, 67(3): 404-418.
- [11] Miles L, Kapos V. Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and forest degradation: Global land-use implications. [J]. *Science*, 2008, 320(5882): 1454-1455.
- [12] OECD. OECD core set of indicators for environmental performance reviews[R]. Paris: OECD, 1993.
- [13] 胡静. 城乡结合部建设用地扩张机理研究: 以柳州市为例[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.
- [14] Rounsevell M D A, Reay D S. Land use and climate change in the UK[J]. *Land Use Policy*, 2009, 26(S1): 160-169.
- [15] 李进涛, 谭术魁, 汪文雄. 基于 DPSIR 模型的城市土地集约利用时空差异的实证研究: 以湖北省为例[J]. *中国土地科学*, 2009, 23(3): 49-65.
- [16] 赖力. 中国土地利用的碳排放效应研究[D]. 南京: 南京大学, 2010.
- [17] 李颖, 黄贤金, 甄峰. 江苏省区域不同土地利用方式的碳排放效应分析[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(S2): 102-107.
- [18] 杜官印. 建设用地对碳排放的影响关系研究[J]. *中国土地科学*, 2010, 24(5): 32-36.
- [19] 赵小凤, 黄贤金, 陈逸, 等. 城市土地集约利用研究进展[J]. *自然资源学报*, 2010, 25(11): 1979-1996.
- [20] 翟文侠, 黄贤金, 张强, 等. 基于层次分析法的城市开发区土地集约利用研究: 以江苏省为例[J]. *南京大学学报: 自然科学版*, 2006, 42(1): 96-102.
- [21] Thinh N X, Arlt G, Heber B, et al. Evaluation of urban land-use structures with a view to sustainable development [J]. *Environmental Impact Assessment Review*, 2002, 22(5): 475-492.
- [22] 谢敏, 郝晋珉, 丁忠义, 等. 城市土地集约利用内涵及其评价指标体系研究[J]. *中国农业大学学报*, 2006, 1(5): 117-120.
- [23] 梅建屏, 徐健, 金晓斌, 等. 基于不同出行方式的城市微观主体碳排放研究[J]. *资源开发与市场*, 2009, 25(1): 49-52.
- [24] 严婧, 黄贤金, 李颖, 等. 土地利用规划的碳排放评价和预测与调控: 以安徽省滁州市南谯区为例[J]. *国土资源科技管理*, 2010, 27(1): 19-24.
- [25] 肖红艳, 袁兴中, 李波, 等. 土地利用变化碳排放效应研究: 以重庆市为例[J]. *重庆师范大学学报: 自然科学版*, 2012, 29(1): 38-42.
- [26] 宋吉涛, 方创琳, 宋吉强, 等. 大都市边缘区乡镇土地集约利用与增长方式转变评价指标体系研究: 以北京市海淀区北部新区 4 镇为例[J]. *资源科学*, 2007, 29(4): 170-178.
- [27] 李子奈, 潘文卿. 计量经济学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [28] 庄贵阳, 潘家华, 朱守先. 低碳经济的内涵及综合评价指标体系构建[J]. *经济学动态*, 2011(1): 132-136.
- [29] 崔娟敏, 季文光. 基于 AHP 的土地集约利用水平模糊综合评价[J]. *水土保持研究*, 2011, 18(4): 122-125.