

DOI: 10.5846/stxb201402260334

王坤, 黄震方, 曹芳东. 中国旅游业碳排放效率的空间格局及其影响因素分析. 生态学报, 2015, 35(21): - .

Wang Kun^{1,2}, Huang Z F, Cao F D. Spatial pattern and influencing factors of carbon dioxide emissions efficiency of tourism in China. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(21): - .

中国旅游业碳排放效率的空间格局及其影响因素分析

王 坤^{1,2}, 黄震方^{1,*}, 曹芳东¹

(1. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023; 2. 江苏师范大学历史文化与旅游学院, 徐州 221116)

摘要:旅游业碳排放效率作为旅游业绿色全要素生产率指标,是衡量旅游业碳排放与旅游经济增长之间关系的重要工具。本文借助 SBM 模型测算了中国省际旅游业碳排放效率,并利用 ESDA 和 GWR 方法分析了旅游业碳排放效率的空间格局及其影响因素的时空异质性。结果表明:中国旅游业碳排放效率呈现缓慢提升态势,但总体水平仍较低。旅游业碳排放效率的空间集聚特征明显,形成了以上海为中心的高值集聚区和以西北省份为中心的低值集聚区。旅游业碳排放效率及其空间格局演化是多因素共同作用的结果,旅游经济规模对中西部地区旅游业碳排放效率的提升作用较强;城镇化的促进作用逐步减弱,且在多数省份开始产生抑制作用;技术效应的提升作用高值区从中东部转移至华北和东北地区;旅游业产权结构对南部地区的推动作用也逐步凸显;结构效应主要对西南地区起促进作用。这为优化和提升旅游业碳排放效率提供了理论依据。

关键词:旅游业;碳排放效率;时空异质性;SBM 模型

Spatial pattern and influencing factors of carbon dioxide emissions efficiency of tourism in China

WANG Kun^{1,2}, HUANG Zhenfang^{1,*}, CAO Fangdong¹

1 School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China

2 School of History Culture and Tourism, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China

Abstract: Combining a strong tourism economic performance and less environmental effect is one of the important objectives of current Chinese tourism development. As a total factor productivity index of green tourism, carbon dioxide emissions efficiency of tourism has become an important tool which measures the relationship between carbon dioxide emission of tourism industry and tourism economic growth. Based on the panel data about provincial input-output of tourism industry, the carbon dioxide emissions efficiency of tourism of 30 provinces in mainland China is measured by the Slack-Based Measure (SBM) considering the unexpected output. In addition, the exploratory spatial data analysis model (ESDA) is applied to analyze the spatial distribution characteristics of carbon dioxide emissions efficiency of tourism. At last, the paper analyzes the influencing factors, and their spatial-temporal heterogeneity through the geographical weighted regression model (GWR). The key results are as follows: (1) Carbon dioxide emissions efficiency of tourism in China is low, but recorded obvious progress over the observed period. A low average carbon dioxide emissions efficiency of tourism of 0.38 was calculated in 2001, increasing to almost 0.47 in 2011. The carbon dioxide emissions efficiency of tourism of only a few provinces achieves the best production frontier, while most of provinces need to optimize the input-output of tourism. (2) Spatial distribution characteristics are also significant. The carbon dioxide emissions efficiency of tourism has significant characteristics in spatial correlation which are still strengthening constantly. Local spatial pattern, which initially formed the

基金项目:国家自然科学基金项目(41271149);教育部人文社会科学研究青年基金项目(12YJC790175;14YJC790003);江苏高校优势学科建设工程资助项目(PADA)

收稿日期:2014-02-26; **网络出版日期:**2015- -

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhfh@263.net

spatial structure with Shanghai as the center of the high value agglomeration regions and provinces in Northwest China as the center of low concentrated area, is relatively stable, and has not changed substantively over the observed period. (3) Carbon dioxide emissions efficiency of tourism is affected by a combination of factors. Tourism economic scale, technology effect, the level of urbanization, property right structure of tourism and industrial structure on carbon dioxide emissions efficiency of tourism have a spatial-temporal heterogeneity, which causes the migration and accumulation of dioxide emissions efficiency of tourism. (4) The spatial-temporal heterogeneity are recognized by geographical weighted regression model. The tourism economy scale has an obvious promoting effect on carbon dioxide emissions efficiency of tourism, especially in the Central and Western area. The promoting effect of urbanization gradually is weakening, and with the rapid development of urbanization, the inhibition effect exists in most provinces. The technology effect has also an obvious promoting effect, and the high value region concentrates from the Central and Eastern area to the North and Northeast of China. The property right structure of tourism exhibits a clear south-north division, while it has an obvious promoting effect in Southern and an obvious inhibition effect in Northern China. The industrial structure effect has an obvious promoting effect in the Southwest and an obvious inhibition effect in the North and Northeast of China. These results provide a theoretical basis for implementation of differentiation strategy in order to promote carbon dioxide emissions efficiency of tourism in China.

Key Words: tourism industry; carbon dioxide emissions efficiency; spatial-temporal heterogeneity; SBM model

伴随着旅游经济的高速增长,旅游业碳排放已成为影响环境质量的重要因素之一。旅游业主要通过消耗化石能源和排放温室气体影响气候变化,据联合国世界旅游组织等发布的结果,旅游部门对人为因素引起的全球气候变暖的贡献率已达到 5%—14%^[1],节能减排已成为旅游业可持续发展的必然要求。作为衡量旅游经济发展与旅游业碳排放之间关系的重要指标,旅游业碳排放效率是指在旅游业生产过程中给定生产要素投入和产出水平下 CO₂排放最小化的程度。旅游业碳排放效率的有效测度及其空间效应,对旅游业节能减排和持续发展具有重要的理论价值和实践意义。

碳排放效率的测度及其影响因素分析已成为技术效率研究的热点。碳排放效率本质上是纳入了碳排放的生产技术效率^[2],碳排放量通常被认为是一种非期望产出。Zhou 等运用 MCPI 指数 (Malmquist CO₂ emission performance index) 测度了全球 18 个 CO₂排放量较高国家的碳排放效率,并分析了其影响因素^[3];魏梅等也采用 MCPI 指数测算了中国区域碳排放效率,认为其具有发散特征,能源价格、R&D 投入与公共投资对碳排放效率有正向影响,而产业结构、对外开放度与技术溢出起负向作用^[4];王群伟等探讨了中国 CO₂排放绩效的区域差异及其影响,发现 CO₂排放绩效呈东部最高、东北和中部稍低、西部最低的分布格局,经济发展水平、产业结构、能源强度和所有制结构是引起 CO₂排放绩效区域差异的主要因素^[5]。在碳排放效率的测度方法上,由于 DEA 模型能较好拟合非期望产出,也能避免 SFA 模型中强假设随机干扰项正态分布带来的偏误而被广泛应用。Fare 等最早通过非期望产出的弱可处置性假设并运用 DEA 模型对环境效率进行评价^[6]。Chung 等运用方向性距离函数,同时考虑期望产出的增加和非期望产出的减少,较好地解决了考虑非期望产出的效率评价问题^[7]。多数学者通过将非期望产出纳入 SBM 模型来测度环境效率,认为该模型能更好拟合实际生产过程及节能减排的可持续发展要求^[2,8-10]。

碳排放效率的相关研究为旅游业碳排放效率的分析奠定了基础。旅游业碳排放效率是考虑了碳排放约束条件下的旅游业发展效率。目前旅游业发展效率研究主要集中在旅游产业技术效率和旅游企业经营效率两方面,前者将旅游产业作为整体并在不同尺度下分析其投入产出效率^[11-14],后者主要从旅游景区^[15-16]、酒店^[17]等旅游企业类型来探讨。环境要素约束下的旅游业发展效率问题也受到关注,Gossling 等首次将生态效率引入到旅游研究中,通过分析旅游业中环境破坏和经济收益之间的关系,并评估 CO₂排放量和获得的收入,来研究旅游业的生态效率^[18];章锦河等以九寨沟为例,分析了旅游废弃物的生态效率^[19];李鹏等选用旅游者支出和旅游活动 CO₂排放量作为生态效率的指标,构建了旅游线路产品生态效率的测度模型,并以云南为例

进行了生态效率的计算和分析^[20];刘长生以张家界景区环保交通为例,对低碳旅游服务提供效率进行了评价^[21]。可见,旅游业发展效率及环境要素约束下的旅游业发展效率研究已取得显著成果,但旅游业 CO₂排放作为旅游业环境影响中的重要内容^[22],将其纳入旅游业生产过程中来探讨旅游业碳排放效率的相关文献较鲜见。鉴于此,本文以中国大陆 30 个省域(西藏数据缺失)为例,引入可包含非期望产出的 SBM 模型对旅游业碳排放效率进行测算,并运用 ESDA 分析其空间格局,最后通过地理加权回归模型探索旅游业碳排放效率影响因素的时空异质性,以期能对旅游业经济增长与碳减排协调发展提供理论依据。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 SBM 模型

传统 DEA 模型是一种角度和径向的效率测度方法,基于角度和径向的 DEA 模型由于不能充分考虑投入和产出的松弛问题而导致度量的效率值出现偏差。Tone 提出的非径向、非角度的 SBM(Slack-Based Measure)模型不仅能很好地解决效率评价中的松弛问题,而且比传统的 DEA 模型更能体现效率评价的本质。SBM 模型的基本形式为^[8,23]:

$$\begin{aligned} \text{Min} \theta = & \frac{1 - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N s_n^x / x_{n0}}{1 + \frac{1}{M+I} \left(\sum_{m=1}^M s_m^y / y_{m0} + \sum_{i=1}^I s_i^u / u_{i0} \right)} \\ \text{s.t. } & \sum_{k=1}^K z_k x_{nk} + s_n^x = x_{n0}, n = 1, 2, \dots, N; \quad \sum_{k=1}^K z_k y_{mk} - s_m^y = y_{m0}, m = 1, 2, \dots, M \\ & \sum_{k=1}^K z_k u_{ik} + s_i^u = u_{i0}, i = 1, 2, \dots, I; \quad \sum_{k=1}^K z_k = 1; z_k \geq 0; s_m^y \geq 0; s_n^x \geq 0; s_i^u \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

式中: s_n^x 和 s_i^u 为投入和非期望产出的冗余, s_m^y 为期望产出的不足, θ 为要计算的旅游业碳排放效率值,取值范围为 0—1。

1.2 ESDA 空间格局分析方法

作为代表性的空间格局分析模型,探索性空间数据分析方法(ESDA)可有效探测研究指标的空间格局特征。ESDA 方法包括全局和局部空间格局分析,全局空间格局分析主要用 Global Moran's I 和 Getis-Ord General G 指数来衡量,前者研究空间相关性的整体趋势,后者说明指标的空间集聚程度;局部空间格局分析通常用 Getis-Ord Gi* 指数来表征,该指数用于分析局域关联特征,即识别高值簇(热点区)与低值簇(冷点区)的空间分布规律。计算公式分别为^[24]:

$$\begin{aligned} \text{Moran's } I = & \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x}) / s^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \\ G(d) = & \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} x_i x_j / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} x_j / \sum_{j=1}^n x_j} \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $\bar{x}$ 和 S^2 表示变量 x 的均值和标准差; n 为研究单元数; x_i 和 x_j 为空间单元 i 和 j 的属性值; W_{ij} 为空间权重矩阵,本文采用邻近标准;显著性检验方法均为 Z 检验。

1.3 地理加权回归模型

地理加权回归模型(GWR)可以在空间上对每个观测对象的参数进行估计,该估计值不是利用全局信息获得的假定常数,而是利用邻近观测对象的子样本数据信息进行局域回归估计而得到的、并随局部地理位置变化而变化的数值,它更能反映变量之间的空间依赖性^[25]。GWR 模型的基本表达形式为:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^n \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (3)$$

式中: y 为被解释变量, x 为解释变量, (u_i, v_i) 是空间单元 i 的空间坐标(经纬度), $\beta_k(u_i, v_i)$ 为解释变量 k 在空间单元 i 的回归系数。

1.4 数据来源

《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中明确提出要加快发展方式的根本性转变, 实现绿色低碳发展, 也明确提出了碳减排目标。因此, 本文以国家五年规划的初始年份作为研究的重点考察年份, 根据数据的可获得性原则, 选取 2001、2006 和 2011 三个年份作为研究的时间截面。文中所需的原始数据主要有三类: (1) 旅游业相关数据。旅游业固定资产投资、旅游业从业人员、旅游收入及构成、旅游业产权结构等变量原始数据来源于相应年份的《中国旅游统计年鉴》和《旅游抽样调查资料》; (2) 能源消耗相关数据。批发零售、住宿餐饮业和交通运输、仓储邮政业等行业能源消耗数据来源于相应年份的《中国能源统计年鉴》中的地区能源平衡表。各种能源量的折标准煤参考系数来源于《综合能耗计算通则(GB/T2589-2008)》; (3) 宏观经济类数据。城镇化水平、万元 GDP 能耗、产业结构等变量原始数据通过相应年份的《中国统计年鉴》整理而成。

2 旅游业碳排放效率测度及其空间格局

2.1 效率测度指标选取

旅游业碳排放效率综合反映了旅游经济增长、旅游业能源消耗与 CO₂ 排放之间的协调状况, 因此在投入和产出指标的选取上也应能体现上述三方面。在投入指标的选取上, 资本、劳动力和土地是经济学意义上最基本的生产要素。旅游业生产过程中的资本和劳动力要素投入常用旅游业固定资产投资额和旅游业从业人员数来衡量, 土地是进行旅游活动的重要场所和物质载体, 但旅游生产过程中资本投入通过旅游项目开发、基础设施建设、旅游环境营造等可间接衡量旅游业土地投入水平, 因此本文未加入旅游业生产的土地要素。此外, 旅游业生产过程中能源消耗量也是测度旅游业碳排放效率的重要投入指标, 但能源统计年鉴中并没有对旅游业或相关服务业能源消费做出细致的统计。旅游业主要涉及住宿和餐饮业、交通运输、仓储和邮政业、批发和零售业及其他服务业等第三产业部门, 这些部门的能源消费量只有一部分是属于旅游业能源消费量, 因此需要将其按照比例剥离出来。借鉴旅游消费剥离系数来计算旅游业的能源消费量, 计算公式为^[26]:

$$m_i = M_i \times r_i; M_i = s_i \times \alpha_i; r_i = t_i / v_i; t_i = p_i \times T_i; p_i = v_i / n_i \quad (4)$$

式中: m_i 为 i 行业中属于旅游业的能源消费量; M_i 为 i 行业的能源消费量; r_i 为旅游消费剥离系数; s_i 为中国能源统计年鉴地区能源平衡表中各行业所消耗的各种能源量; α_i 为各种能源量的折标准煤参考系数; t_i 为 i 行业旅游增加值; v_i 为 i 行业增加值; p_i 为 i 行业增加值率; T_i 为旅游业中 i 行业收入; n_i 为 i 行业总产值。

产出指标包括期望产出和非期望产出两类, 期望产出通常反映旅游产业经济成果, 可用旅游总收入指标来表征; 非期望产出指标采用旅游业 CO₂ 排放量来表示, 目前学者们从不同尺度、不同视角对旅游业 CO₂ 排放量进行了测算^[26-30], 但缺乏统一的测度方法。根据数据的易获取性和可操作性, 本文借鉴谢园方等的方法, 先测算各相关行业中换算成标准煤的旅游业能源消耗量, 然后将其与单位标准煤 CO₂ 排放量相乘, 进而得到旅游业 CO₂ 排放量^[26]。

2.2 效率测度结果

以上述投入产出变量数据为基础, 运用包含非期望产出的 SBM 模型分别计算 2001、2006 和 2011 年的旅游业碳排放效率(表 1)。测度结果表明, 旅游业碳排放效率达到了最佳生产前沿面的省份较少, 只有 2001 年的北京和天津、2006 年的北京、天津和江苏、2011 年的天津和江苏的旅游业生产过程是有效率的。从总体上看, 2001、2006 和 2011 年全国的旅游业碳排放效率均值分别为 0.388、0.426、0.462, 呈较为明显的缓慢提升态势, 但效率值较低, 远未达到最佳生产前沿面, 存在着投入产出优化的必要性。

空间分布方面, 2001 年旅游业碳排放效率较高的省份主要集中在京津和东南沿海地区, 北部多数省份的效率值较低; 2006 和 2011 年旅游业碳排放效率的空间分布变化不大, 效率较高的省份集中在京津、泛长三角

和西南地区,而西北地区省份的效率普遍较低。为进一步探讨旅游业碳排放效率的空间分布状况,把年均旅游业碳排放效率划分为三种类型。①高效率区:北京、天津、上海、江苏、浙江、安徽、福建、河南和重庆等省份效率值较高,在 0.5 以上;②中等效率区:江西、山东、广东、广西、四川、贵州、云南、湖北、山西、辽宁、吉林、黑龙江和陕西等省份效率处于中等水平,在 0.3—0.5 之间;③低效率区:河北、内蒙古、湖南、海南、甘肃、青海、宁夏和新疆等效率值较低,在 0.3 以下。可见,我国多数省份旅游业碳排放效率还处于中等及以下水平,旅游业发展远未达到要素投入少、期望产出高和污染排放低的最优状态。

表 1 2001、2006 和 2011 年中国省域旅游业碳排放效率
Table 1 Carbon emissions efficiency of tourism at the provincial level in China(2001、2006、2011)

地区 Region	年份 Year			平均值 Average	地区 Region	年份 Year			平均值 Average
	2001	2006	2011			2001	2006	2011	
北京	1.000	1.000	0.518	0.839	河南	0.654	1.000	0.786	0.813
天津	1.000	1.000	1.000	1.000	湖北	0.275	0.273	0.379	0.309
河北	0.330	0.206	0.252	0.263	湖南	0.332	0.185	0.353	0.290
山西	0.209	0.436	0.369	0.338	广东	0.458	0.383	0.362	0.401
内蒙古	0.155	0.307	0.229	0.230	广西	0.236	0.257	0.433	0.309
辽宁	0.233	0.354	0.680	0.422	海南	0.243	0.222	0.193	0.219
吉林	0.161	0.357	0.432	0.317	重庆	0.622	0.419	0.500	0.514
黑龙江	0.298	0.291	0.380	0.323	四川	0.265	0.412	0.492	0.390
上海	1.000	0.520	0.416	0.645	贵州	0.202	0.415	0.423	0.347
江苏	0.617	1.000	1.000	0.872	云南	0.412	0.331	0.329	0.357
浙江	0.456	0.604	0.641	0.567	陕西	0.328	0.317	0.342	0.329
安徽	0.327	0.430	0.868	0.542	甘肃	0.054	0.103	0.191	0.116
福建	0.535	0.892	0.435	0.621	青海	0.190	0.174	0.140	0.168
江西	0.361	0.283	0.575	0.406	宁夏	0.104	0.119	0.093	0.105
山东	0.414	0.360	0.334	0.369	新疆	0.159	0.130	0.151	0.147

2.3 效率空间格局演化

从旅游业碳排放效率的类型划分可以看出,效率分布表现出明显的地域不平衡性,不同类型的分布呈现出空间关联特征,因此有必要利用空间相关性方法对中国旅游业碳排放效率的空间关联特征进行定量分析。

2.3.1 全局空间格局演化

GlobalMoran’s I 和 Getis-Ord General G 指数可有效表征观测变量的全局空间格局特征。表 2 显示,全局 Moran’s I 值均为正,检验结果均较显著(Z(I)值大于 1.96,P 值小于 0.05),Moran’s I 值呈现明显上升态势,说明旅游业碳排放效率具有较强的空间自相关性,且相关性在逐渐增强。全局 G 指数的观测值和期望值均较接近,且均通过显著性检验,表明 3 个年份旅游业碳排放效率高值和低值集聚现象较为显著。从各年份 G(d)和 E(d)值大小及其显著性上看,旅游业碳排放效率的空间集聚性呈现不断强化的态势,从 G(d)值的变化幅度来看,旅游业碳排放效率总体格局的冷热区出现迁移,但只是在原空间格局上的微调 and 集聚。

表 2 旅游业碳排放效率的全局 Moran’s I 和 G 指数估计值
Table 2 Estimation of Global Moran’s I and Getis-ord General G for carbon emissions efficiency of tourism

指数 Index	全局莫兰指数估计值 Estimation of Global Moran’s I				全局 G 指数估计值 Estimation of Getis-ord General G			
	M(I)	E(I)	Z(I)	P(I)	G(d)	E(d)	Z(d)	P(d)
2001	0.434	-0.034	3.949	0.000	0.040	0.034	2.695	0.007
2006	0.452	-0.034	4.383	0.000	0.039	0.034	2.388	0.005
2011	0.530	-0.034	4.967	0.000	0.038	0.034	2.600	0.009

2.3.2 局部空间格局演化

通过局域空间关联指数 Getis-Ord G_i^* 来考察旅游业碳排放效率的局部空间集聚效应。采用 Jenks 自然断裂点方法,将各省份旅游业碳排放效率的局域 G_i^* 统计量划分为 4 种类型:核心热点区、边缘热点区、边缘冷点区和核心冷点区(图 1),进而探索旅游业碳排放效率的局部空间格局演化特征。

(1)从总体上看,3 个年份旅游业碳排放效率的空间格局保持相对稳定。效率局部空间集聚逐渐增强的趋势与全局空间格局演进相互对应,具体为核心热点区和核心冷点区分别集聚在华东与西北地区,从而初步形成以上海为中心的高值簇和以西北地区省份为中心的低值簇并向外扩散的空间结构,这种空间格局在研究期内不断深化和突显,但整体上并未发生实质性改变。

(2)在总体格局保持相对稳定的背景下,热点地区空间集聚范围逐步扩大。2001 年核心热点区处于长三角和京津冀地区省份,到 2006 年京津冀地区省份集聚程度减弱,降至边缘热点区,以上海为中心的集聚区范围逐步扩大,安徽、河南和湖北等省份也加入了核心热点区,而浙江暂时迁出至边缘热点区。2011 年以上海为中心的集聚区范围进一步扩大,不仅浙江回到核心热点区范围,江西、福建、湖南和山东等邻近省份也演变为核心热点区。这表明华东地区节能减排措施逐步落实,旅游业低碳化发展取得了初步成效,旅游业碳排放效率较高的省份带动了邻近省份效率的提升。

(3)在热点区集聚强化的同时,冷点区的迁移也较为活跃。2001 年核心冷点区主要位于西北和东北地区大部分省份,2006 年东北地区旅游业碳排放效率得到提升,形成了边缘冷点集聚区,而西南地区效率值短暂降至核心冷点区,2011 年后西南地区省份旅游业碳排放效率提升明显,又回到了边缘冷点区。冷点区已大致形成以西北地区部分省份为核心,以东北和西南地区省份为外围的低值集聚格局。

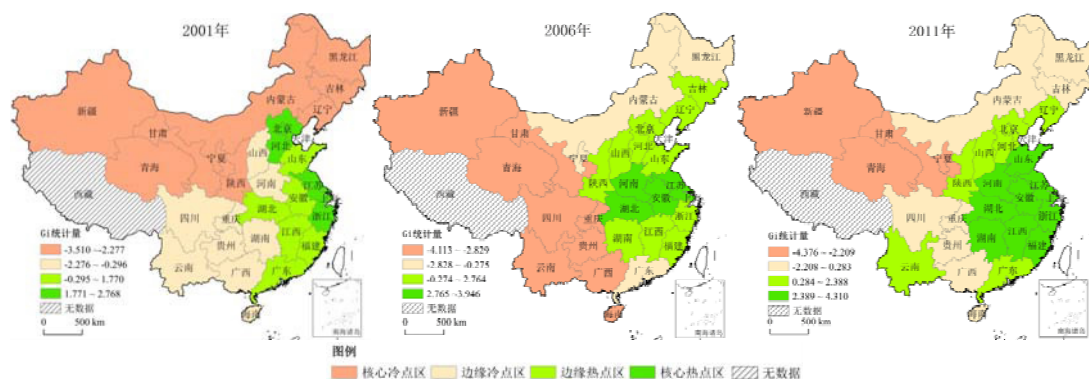


图 1 旅游业碳排放效率局部空间格局演化

Fig. 1 Evolvment of local spatial pattern for carbon emissions efficiency of tourism

3 旅游业碳排放效率的影响因素分析

3.1 影响变量选取

旅游业碳排放效率的空间格局演化结果表明各省份旅游业碳排放效率可能受多种因素综合影响,且各影响因素的作用方向和强度存在差异,因此需要进一步探讨旅游业碳排放效率影响因素作用的时空异质性。Grossman 等认为经济增长主要是通过规模效应、结构效应和技术效应三种途径对环境质量产生影响^[31]。以此为基础选取旅游业碳排放效率的影响变量。(1)规模效应。随着旅游产业规模的扩大,要素投入和旅游业碳排放量也会随之增加,进而影响到旅游业碳排放效率。该变量选取能反映旅游经济规模的旅游业总收入指标来表征;(2)结构效应。碳排放强度很大程度上取决于其产业结构的差异,产业结构的高级化和合理化对旅游业碳排放效率将产生影响。选取第三产业比重来反映产业结构变量;(3)技术效应。技术进步通过节约和循环利用资源来提升行业资源利用效率。该变量通常用能源强度即万元 GDP 能耗指标表示,该指标越大,说明该省份的技术水平越低,旅游业碳减排能力越弱。

此外,城镇化进程推动着城镇规模逐步扩张,城镇基础设施和服务设施建设随之增加,而旅游业的发展需要依托地区设施的供给,旅游业碳排放量也将大幅增长。同时,城镇化也能促进人才、技术的集聚与产业结构的优化,会对旅游业碳减排产生积极作用,这都说明城镇化对旅游业碳排放效率可能产生影响,该变量用城镇人口比重来表征;国有企业改革是我国产权结构发生变化的典型代表,通常私营企业比国有企业的效率要高,国有企业在能源和资源消耗中浪费更多,旅游业碳排放效率也会受到影响。基于数据的可获取性和代表性,选取旅游业中星级饭店的国有企业数量占星级饭店总数的比重来表征。

3.2 变量影响的时空异质性分析

选取 2001、2006 和 2011 年 30 个省域旅游业碳排放效率的影响变量数据建立地理加权回归模型,采用 Adaptive 核函数的 AIC 带宽方法进行时空异质性估计。应用极值标准化以排除数据量纲的影响和逐步回归方法消除影响变量间的线性相关性,得到 2001 年和 2006 年的 GWR 回归模型中的 4 个自变量:旅游业总收入、旅游业产权结构、城镇化水平和万元 GDP 能耗,2011 年增加了产业结构自变量。

表 3 旅游业碳排放效率影响因素的 GWR 检验结果

Table 3 GWR test results of factors for carbon emissions efficiency of tourism

指标 indicators	2001	2006	2011
局部拟合优度系数 Local R^2	0.704—0.821	0.624—0.748	0.698—0.791
拟合优度系数 R^2	0.805	0.712	0.857
调整的拟合优度系数 Adjust R^2	0.691	0.648	0.704
残差平方和 residual sum of squares	0.562	0.343	0.262
赤池信息量准则 AIC	9.111	17.486	19.755

GWR 模型的检验结果表明(表 3),3 个年份的 Local R^2 分别为 0.704—0.821、0.624—0.748 和 0.698—0.791,表明该模型对旅游业碳排放效率的空间变异具有较高的解释能力。从 Local R^2 的空间分布上看,2001 和 2006 年西北地区省份与 2011 年长三角地区省份拟合度较高,而 2001 年东南和西南地区省份、2006 年东部省份与 2011 年北部省份拟合度相对偏低,表明各年份拟合度相对较低的省份旅游业碳排放效率还受到其它因素的影响,但总体来看其它因素的影响较小。

图 2 给出了 3 个年份各影响因素对不同省份旅游业碳排放效率的作用程度及其差异的细致信息。解释变量地理加权回归系数的正负表示该变量对旅游业碳排放效率的影响存在提升或抑制作用,且系数值反映了解释变量的作用大小。

(1)2001 年旅游经济规模和城镇化对旅游业碳排放效率的提升作用最强,技术效应次之,而旅游业产权结构对旅游业碳排放效率起抑制作用。从各变量影响的空间范围来看,旅游经济规模对旅游业碳排放效率作用强度最大的区域主要集中在东北和华北地区,而陕西、重庆、贵州、湖南、广东、广西和海南等省份的回归系数相对较小,影响程度相对较低;城镇化进程对旅游业碳排放效率的作用区域与旅游经济规模有高度的反向性;技术效应对旅游业碳排放效率的正向影响较大的省份多集中在中部和东部地区;旅游业产权结构的抑制作用强度较大的省份主要位于西北地区,而对东部沿海省份的影响较小。

(2)2006 年旅游经济规模对旅游业碳排放效率的提升作用有所增强,而城镇化的促进作用开始减弱,部分省份开始出现抑制作用。技术效应对旅游业碳排放效率的促进作用依然明显,旅游业产权结构开始从抑制作用转为促进作用。从回归系数的空间分布来看,旅游经济规模对旅游业碳排放效率作用强度的高值区主要在西部地区,低值区位于东部沿海省份;城镇化的促进作用的高值区多集中于北部省份,而广东、广西和云南等省份的城镇化进程对旅游业碳排放效率的抑制作用开始显现;技术效应的促进作用高值区主要集中在华北和东北地区,而对西部地区省份旅游业碳排放效率的促进作用相对较小;旅游业产权结构的影响作用呈现明显的南北分异,在南部地区主要起促进作用,北部省份仍起抑制作用,但抑制强度逐渐减弱。

(3)2011 年旅游经济规模、技术效应和旅游业产权结构对旅游业碳排放效率的作用强度和方向的趋势在

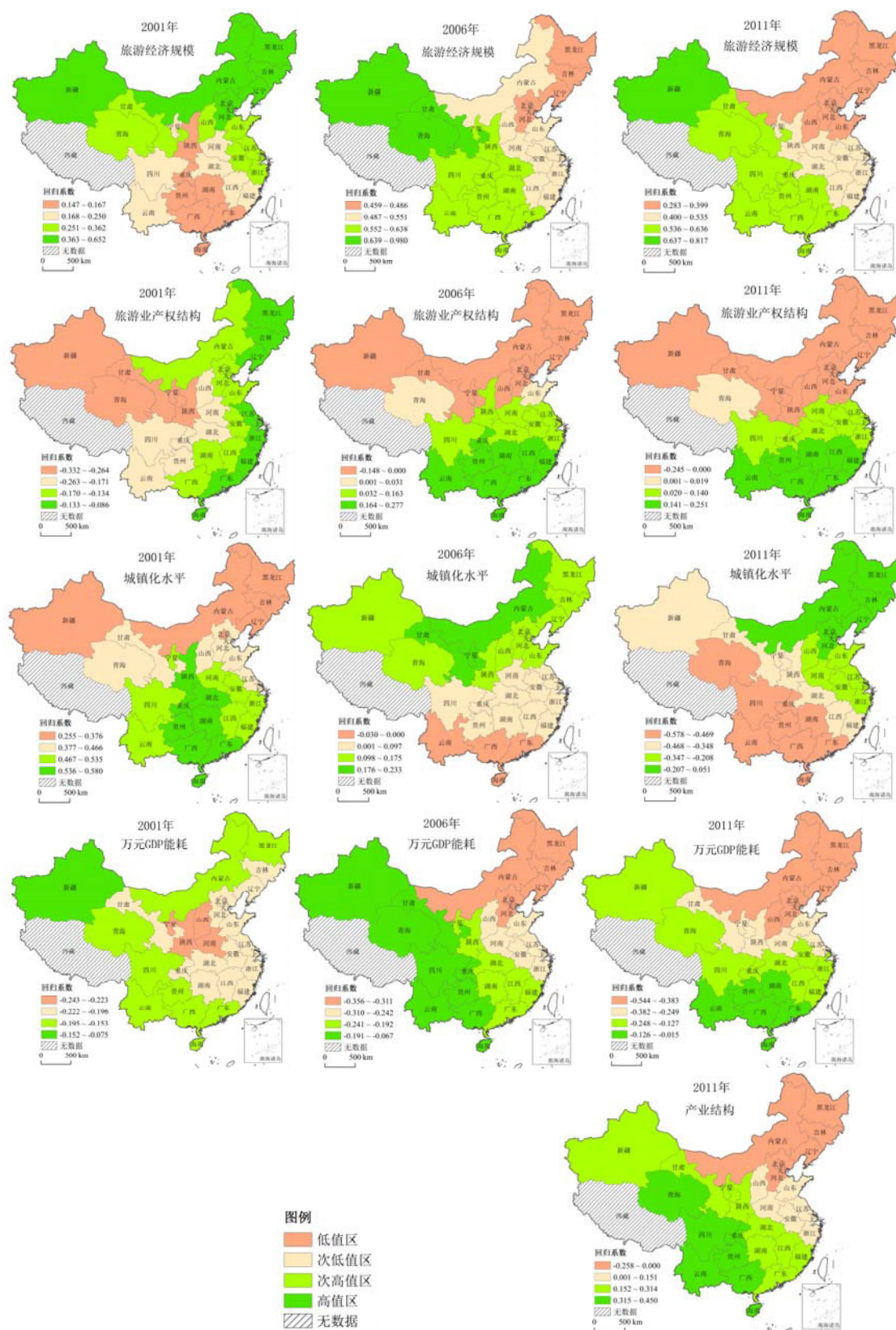


图2 旅游业碳排放效率影响因素的地理加权回归局域估计

Fig. 2 Local GWR estimates of factors for carbon emissions efficiency of tourism

2006 年的基础上继续深化,但未发生实质性改变。城镇化对旅游业碳排放效率起抑制作用的区域范围逐步扩大,从 2006 年只有广东、广西和云南 3 个省份到 2011 年除吉林和黑龙江外的所有省份。由于变量间的共线性及模型拟合问题,结构效应在 2001 和 2006 年并未纳入影响变量中,可能的原因是产业结构变量在这两个年份中对旅游业碳排放效率的影响较小。从 2011 年产业结构变量的回归系数来看,产业结构已开始成为西部地区,特别是西南地区旅游业碳排放效率的重要影响因子,该地区多数省份的回归系数都超过了 0.315。而产业结构变量对东北和华北等地区旅游业碳排放效率还存在抑制作用。

(4)3 个时间截面的旅游业碳排放效率影响因素分析表明,旅游经济的快速发展大大增加了旅游业的期望产出,是旅游业碳排放效率提升的重要影响因素;城镇化进程推动了旅游产业集聚或集群发展,旅游产业结构不断优化和升级,在研究初期对旅游业碳排放效率的提升作用较为明显。然而,随着城镇化速度不断加快,城市规模迅速扩张,旅游设施建设大幅增加,使得旅游业能源消耗和 CO_2 排放不断增多,进而对旅游业碳排放效率起抑制作用;技术效应也是提升旅游业碳排放效率的关键因素,“波特假说”中的技术进步对环境管制有促进作用的观点在旅游业中得到了充分体现;旅游业产权结构的改革也提升了旅游企业生产效率,对旅游业碳排放效率的提升作用不断显现;结构转型改变了经济发展方式,也转变了旅游业的生产和增长方式,对旅游业碳排放效率的提升作用也开始体现。

4 结论和讨论

4.1 结论

(1)旅游业碳排放效率是衡量旅游经济与旅游业碳排放之间关系的重要指标。目前中国旅游业碳排放效率呈现出稳步提升态势,但总体水平仍较低,少数省份旅游业碳排放效率达到最佳生产前沿面,而大部分地区都需要对旅游生产的投入产出进行优化;

(2)旅游业碳排放效率具有较强的空间自相关性和空间集聚性,且空间关联特征呈现不断强化态势。局部空间格局逐渐趋于稳定,逐步形成以上海为中心的高值集聚区和以西北地区省份为核心的低值集聚区并向外扩散的空间格局;

(3)旅游业碳排放效率的空间格局形成及演化是多种因素综合作用的结果。旅游经济规模对旅游业碳排放效率具有明显的提升作用,尤其对中西部地区的影响最为明显;城镇化也是旅游业碳排放效率提升的重要驱动因子,但城镇化的快速发展使得其对大多数省份旅游业碳排放效率产生抑制作用;技术效应和旅游业产权结构的推动作用逐步凸显;结构效应对西部地区旅游业碳排放效率的提升作用也开始体现。

4.2 讨论

研究旅游业碳排放效率的空间格局及其影响因素的时空异质性,对探讨旅游经济增长与碳减排协同发展具有一定的理论和实践意义。从本文的研究结论可以看出,通过提升城镇化发展质量、积极研发和运用低碳技术、完善旅游市场经济制度、强化旅游企业清洁生产和倡导资源节约型的旅游消费方式等途径可提升区域旅游业碳排放效率。然而,旅游业碳排放效率仅是碳排放约束下的旅游业发展效率,旅游业碳排放也只是旅游环境影响系统中的一项测度指标,在指导旅游业的全面持续发展方面略显不足。纳入旅游地“自然—经济—社会—旅游”复合生态系统的旅游业生态效率可从整体视角探讨环境约束下的旅游业发展效率问题,而本文的旅游业碳排放效率分析可为旅游业生态效率的研究提供帮助。

由于数据收集的限制,本文剥离到的省域旅游业能源消耗数据仅包含交通、住宿和餐饮等行业,虽然能基本反映旅游业的能源消耗量,但因未包含游憩活动环节的能源消耗而使计算结果相对粗略和保守。因此,下一步研究需从中微观视角,并采用更合适的旅游业能源消耗量和 CO_2 排放量测度方法来探讨旅游业碳排放效率。

参考文献 (References):

- [1] UNWTO, UNEP and WMO. Climate change and tourism: Responding to global challenges. Report of WTO Scientific Group. Paris & Madrid;

UNWTO, UNEP & WMO, 2008: 26-51.

- [2] 周五七, 聂鸣. 中国工业碳排放效率的区域差异研究——基于非参数前沿的实证分析. 数量经济技术经济研究, 2012, (9): 52-70.
- [3] Zhou P, Ang B W, Han J Y. Total factor carbon emission performance: A Malmquist index analysis. *Energy Economics*, 2010, 32(1): 194-201.
- [4] 魏梅, 曹明福, 江金荣. 生产中碳排放效率长期决定及其收敛性分析. 数量经济技术经济研究, 2010, (9): 43-52.
- [5] 王群伟, 周鹏, 周德群. 我国二氧化碳排放绩效的动态变化、区域差异及影响因素. 中国工业经济, 2010, (1): 45-54.
- [6] Fare R, Grosskopf S, Lovell K. Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: A nonparametric approach. *Review of Economics and Statistics*, 1989, 71(1): 90-98.
- [7] Chung Y H, Fare R, Grosskopf S. Productivity and undesirable outputs: A directional distance function approach. *Journal of Environmental Management*, 1997, 51(3): 229-240.
- [8] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 2001, 130(3): 498-509.
- [9] 王兵, 吴延瑞, 颜鹏飞. 中国区域环境效率与环境全要素生产率增长. 经济研究, 2010, (5): 95-109.
- [10] 涂正革, 刘磊珂. 考虑能源、环境因素的中国工业效率评价——基于 SBM 模型的省级数据分析. 经济评论, 2011, (2): 55-65.
- [11] 陶卓民, 薛献伟, 管晶晶. 基于数据包络分析的中国旅游业发展效率特征. 地理学报, 2010, 65(8): 1004-1012.
- [12] 左冰, 保继刚. 1992—2005 年中国旅游业全要素生产率及省际差异. 地理学报, 2008, 63(4): 417-427.
- [13] 曹芳东, 黄震方, 吴江, 徐敏. 城市旅游发展效率的时空格局演化特征及其驱动机制——以泛长江三角洲地区为例. 地理研究, 2012, 31(8): 1431-1444.
- [14] 王坤, 黄震方, 陶玉国, 张红霞. 区域城市旅游效率的空间特征及溢出效应分析——以长三角为例. 经济地理, 2013, 33(4): 161-167.
- [15] 曹芳东, 黄震方, 吴江, 徐敏. 国家级风景名胜旅游区旅游效率测度与区位可达性分析. 地理学报, 2012, 67(12): 1686-1697.
- [16] 方叶林, 黄震方, 张宏, 彭倩, 陆玮婷. 省域旅游发展的错位现象及旅游资源相对效率评价——以大陆 31 省市区 2000—2009 年面板数据为例. 自然资源学报, 2013, 28(10): 1754-1764.
- [17] 方叶林, 黄震方, 王坤, 涂玮. 中国星级酒店相对效率集聚的空间分析及提升策略. 人文地理, 2013, 129(1): 121-127.
- [18] Gossling S, Peeters P, Ceron J P, Dubois G, Patterson T, Richardson R B. The eco-efficiency of tourism. *Ecological Economics*, 2005, 54(4): 417-434.
- [19] 章锦河, 张捷, 梁玥琳, 李娜, 刘泽华. 九寨沟旅游生态足迹与生态补偿分析. 自然资源学报, 2005, 20(5): 735-744.
- [20] 李鹏, 杨桂华, 郑彪, 张一群. 基于温室气体排放的云南香格里拉旅游线路产品生态效率. 生态学报, 2008, 28(5): 2207-2219.
- [21] 刘长生. 低碳旅游服务提供效率评价研究——以张家界景区环保交通为例. 旅游学刊, 2012, 27(3): 90-98.
- [22] 吴普, 岳帅. 旅游业能源需求与二氧化碳排放研究进展. 旅游学刊, 2013, 28(7): 64-72.
- [23] 潘丹, 应瑞瑶. 中国农业生态效率评价方法与实证——基于非期望产出的 SBM 模型分析. 生态学报, 2013, 33(12): 3837-3845.
- [24] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by the use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 1992, 24(3): 189-206.
- [25] Fotheringham A S, Charlton M E, Brunson C. The geography of parameter space: An investigation of spatial non-stationarity. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1996, 10(5): 605-627.
- [26] 谢园方, 赵媛. 长三角地区旅游业能源消耗的 CO₂ 排放测度研究. 地理研究, 2012, 31(3): 429-438.
- [27] 石培华, 吴普. 中国旅游业能源消耗与 CO₂ 排放量的初步估算. 地理学报, 2011, 66(2): 235-243.
- [28] Liu J, Feng T T, Yang X. The energy requirements and carbon dioxide emissions of tourism industry of Western China: A case of Chengdu. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, 15(6): 2887-2894.
- [29] 肖潇, 张捷, 卢俊宇, 钟士恩, 尹立杰. 旅游交通碳排放的空间结构与情景分析. 生态学报, 2012, 32(23): 7540-7548.
- [30] 窦银娣, 刘云鹏, 李伯华, 刘沛林. 旅游风景区旅游交通系统碳足迹评估——以南岳衡山为例. 生态学报, 2012, 32(17): 5532-5541.
- [31] Grossman G M, Krueger A B. Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement. NBER Working Paper, No.3941, 1991.