



华中师范大学学报(自然科学版)

Journal of Central China Normal University(Natural Sciences)

ISSN 1000-1190,CN 42-1178/N

《华中师范大学学报(自然科学版)》网络首发论文

题目：中国旅游生态效率的俱乐部趋同研究
作者：程慧，徐琼，郭尧琦
收稿日期：2020-07-06
网络首发日期：2020-12-15
引用格式：程慧，徐琼，郭尧琦. 中国旅游生态效率的俱乐部趋同研究. 华中师范大学学报(自然科学版).
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1178.N.20201215.1111.002.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

中国旅游生态效率的俱乐部趋同研究

程 慧¹, 徐 琼^{1*}, 郭尧琦²

(1. 湖南师范大学旅游学院, 长沙 410081;

2. 中南大学数学与统计学院, 长沙 410083)

摘要：基于 Super-SBM 模型测算 2007 年—2017 年中国旅游生态效率，再结合可变时长 Markov 链和空间 Markov 链对其俱乐部趋同的时空特征进行分析，最后借助地理探测器探索其时空演变影响因素。研究表明：1) 中国旅游生态效率虽整体水平不高，但呈波动上升态势；省域分布虽不均衡，但呈俱乐部趋同效应。2) 不同时长下，中国旅游生态效率均呈俱乐部趋同分布，时长越长，固化效应越弱；等级相邻俱乐部间更容易发生转移。3) 不同邻居水平下，多数省域与其邻域效率转移方向一致，而部分东南及西南省市实现向上转移，少数中西部省市陷入“低效率”陷阱。4) 影响旅游生态效率俱乐部趋同的因素按影响力大小依次为旅游人次比、旅游专业化水平、产业结构、城镇化水平、政府规制、经济发展水平。

关键词：旅游生态效率；俱乐部趋同；空间 Markov 链；时空演变

中图分类号：F59

文献标志码：A

党的十九大以来，我国不断推进生态文明建设，严守生态红线，更是首次把“美丽中国”作为建设社会主义现代化强国的重要目标。旅游业作为国民经济战略性支柱产业，在生态文明建设中大有可为。2018 年全球旅游业的碳排放达到 43 亿 t，占全球总碳排放量的 8% 左右，比 2008 年预估值多出一倍多，可见旅游碳排放问题亟需解决。中国旅游生态效率时空分布是否均衡，各区域在加强对旅游业生态水平管制之前，有必要摸清各地区旅游生态效率水平、其动态演变特征以及是否存在空间溢出效应等，这些规律的把握有助于加强区域旅游生态治理协作，减少旅游生态效率固化效应，以防跌入“低效率”陷阱，同时，可为政府实施旅游管制工作提供有针对性的参考意见，以期促进旅游生态效率的提升，实现省际旅游生态效率的统筹均衡发展。

旅游生态效率是基于生态效率理论上建立起来的，是对旅游可持续发展的有效测度，以追求“最小投入，最大产出”为理想目标，实现对旅游发展效率的双向衡量。随着旅游与环境关系问题日益受到关注^[1-2]，旅游生态效率的研究也日益丰富。近年来国内外旅游生态效率研究主要集中在理论与综述^[3-5]、方法与模型^[6-11]、演化与应用^[12-16]及规划与措施^[17-18]等方面。在理论与综述上，目前旅游生态效率的定义尚未统一，大多基于世界可持续发展工商联合会（WBCSD）提出的“生态效率”定义衍生而来^[3]。在方法与模型上，目前旅游生态效率测度主流方法有单一比值法^[6-7]、指标体系法^[8-9]、模型法^[10-11]等，将其应用于不同案例地和研究内容。在演化与应用上，旅游生态效率在酒店^[12]、旅行社^[13]、旅游活动^[14]及旅游目的地^[8-10]上得到了广泛的应用，主要实现对其旅游生态效率的测度，少有研究从动态角度探究旅游生态效率的时空特征及影响机理^[15-16]。在规划与措施上，学者们大多立足于当前旅游生态效率面临的现状及困境，提出相关解决措施和提升路径^[17-18]。

综上所述，近年来旅游生态效率在研究方法和研究内容上不断拓展，成为了前沿热点。而已有研究主要实现了不同尺度区域旅游生态效率的测评与实证分析，鲜有文献对其动态特征进行探索，但涉及到进一步探析旅游生态效率时空演化稳健性问题、趋同收敛研究更是少

收稿日期：2020-07-06。

基金项目：国家社会科学基金青年基金项目（19CGL030）；湖南省哲学社会科学基金项目（16YBQ052）

*通讯联系人。E-mail: 2267798431@qq.com。

之甚少。在目前效率趋同检验研究中，大多基于 Barro 提出的回归方法实现^[19]，该方法存在“重检验、轻测度”的局限，能检验效率是否存在俱乐部趋同现象，而对俱乐部之间的转移无法测度，且忽视了“俱乐部趋同”的内涵条件。而基于分布动态学方法的 Markov 链不仅从俱乐部内涵条件出发检验其是否存在俱乐部趋同效应，还可以考察不同俱乐部之间的转移情况。效率的俱乐部趋同检验突破了从静态角度考察效率时空分布的研究传统，能够动态检验在不同时长和不同空间滞后条件下效率是否存在“近朱者赤，近墨者黑”的俱乐部趋同的固化效应。

鉴于此，本研究以 2007 年—2017 年中国 31 省（市、自治区）旅游生态效率为研究对象，在对其旅游碳排放和能源消耗进行测量的基础上，基于 Super-SBM 模型实现对其旅游生态效率的测度。再采用可变时长 Markov 链和空间 Markov 链，对不同时长下和不同空间滞后条件下，中国旅游生态效率的俱乐部趋同转移概率进行测算，探索其俱乐部趋同的时空演变特征，并对其进行可视化处理。最后借鉴地理探测器方法，对影响旅游生态效率俱乐部趋同的因素进行探测，以期利用空间优势，加强区域旅游生态效率的协作，缩小地区差距，促进旅游生态效率的均衡发展。

1 研究方法和数据来源

1.1 旅游生态效率的测度方法

1.1.1 旅游业碳排放与能源消耗的测度方法 旅游业是综合性很强的产业，精准统计旅游业的碳排放与能源消耗实属不易，目前旅游业碳排放与能源消耗的统计方法主要有两大类：一类是基于“生产”角度的“自上而下”法，另一类是基于“消费”角度的“自下而上”法，由于国内尚未建立起旅游业碳排放与能源消耗的卫星账户，从“生产”角度直接统计全国层面旅游碳排放和能源消耗较为困难，因此本文采用学者们惯用的“自下而上”法^[20-24]，从旅游交通、住宿、活动三大部分汇总核算旅游业的碳排放与能源消耗，具体测算步骤如下：

第一步：测算旅游交通碳排放与能源消耗

$$\begin{aligned} C_j^{(T)} &= \sum_i \alpha_i T_i C_{ij} \\ E_j^{(T)} &= \sum_i \alpha_i N_i C_{ij} \end{aligned} \quad (1)$$

式中， $C_j^{(T)}$ 、 $E_j^{(T)}$ 分别表示 j 地区旅游交通的碳排放与能源消耗， i 表示四种交通类型，分别为铁路、公路、民航与其他， α_i 为第 i 类交通类型的旅游者比例，本文借鉴魏艳旭等研究^[22]，取值为铁路 $\alpha_{\text{铁路}}=31.6\%$ 、公路 $\alpha_{\text{公路}}=13.8\%$ 、民航 $\alpha_{\text{民航}}=64.7\%$ 、其他 $\alpha_{\text{其他}}=10.6\%$ ； T_i 、 N_i 分别表示 i 类交通的每人每单位公里的碳排放与能源消耗系数，各类交通方式的碳排放与能源消耗系数取值为： $T_{\text{铁路}}=27 \text{ g CO}_2 (\text{pkm})^{-1}$ ， $N_{\text{铁路}}=27 \text{ MJ} (\text{pkm})^{-1}$ ； $T_{\text{公路}}=133 \text{ g CO}_2 (\text{pkm})^{-1}$ ， $N_{\text{公路}}=1.8 \text{ MJ} (\text{pkm})^{-1}$ ； $T_{\text{民航}}=137 \text{ g CO}_2 (\text{pkm})^{-1}$ ， $N_{\text{民航}}=2 \text{ MJ} (\text{pkm})^{-1}$ ； $T_{\text{其它}}=660 \text{ g CO}_2 (\text{pkm})^{-1}$ ， $N_{\text{其它}}=0.9 \text{ MJ} (\text{pkm})^{-1}$ 。 C_{ij} 表示 j 地区第 i 类交通的游客周转量。

第二步：测算旅游住宿碳排放与能源消耗

$$\begin{aligned} C_j^{(H)} &= n \delta N_j \tau_j \\ E_j^{(H)} &= n \ell N_j \tau_j \end{aligned} \quad (2)$$

式中， $C_j^{(H)}$ 、 $E_j^{(H)}$ 分别表示 j 地区旅游住宿的碳排放与能源消耗，借鉴 Cossling 等^[23]研究， n 表示住宿房晚数，惯常取 365， δ 、 ℓ 分别表示旅游住宿的碳排放系数和能源消耗系数，各

取值 2.458gCO₂、155MJ 每床每晚， N_j 、 τ_j 分别表示 j 地区床位数和客房出租率。

第三步：测算旅游活动碳排放与能源消耗

$$\begin{aligned} C_j^{(A)} &= \sum_k \sum_m \beta_k p_{jk}^m \\ E_j^{(A)} &= \sum_k \sum_m \gamma_k p_{jk}^m \end{aligned} \quad (3)$$

式中， $C_j^{(A)}$ 、 $E_j^{(A)}$ 分别表示 j 地区旅游活动的碳排放与能源消耗， k 表示五种旅游活动类型，分别为观光、休闲度假、商务出差、探亲访友以及其他。 m 表示国内城镇居民旅游者、国内农村居民旅游者以及入境旅游者三种游客类型， β_k 、 γ_k 分别表示 k 类旅游活动的平均碳排放量与能源消耗量，根据已有研究^[24]取值为： $\beta_{\text{观光}} = 417 \text{gCO}_2 \cdot \text{人}^{-1}$ ， $\gamma_{\text{观光}} = 8.5 \text{MJ} \cdot \text{人}^{-1}$ ； $\beta_{\text{休闲度假}} = 1670 \text{gCO}_2 \cdot \text{人}^{-1}$ ， $\gamma_{\text{休闲度假}} = 26.5 \text{MJ} \cdot \text{人}^{-1}$ ； $\beta_{\text{商务出差}} = 786 \text{gCO}_2 \cdot \text{人}^{-1}$ ， $\gamma_{\text{商务出差}} = 16.0 \text{MJ} \cdot \text{人}^{-1}$ ； $\beta_{\text{探亲访友}} = 591 \text{gCO}_2 \cdot \text{人}^{-1}$ ， $\gamma_{\text{探亲访友}} = 12.0 \text{MJ} \cdot \text{人}^{-1}$ ； $\beta_{\text{其它}} = 172 \text{gCO}_2 \cdot \text{人}^{-1}$ ， $\gamma_{\text{其它}} = 3.5 \text{MJ} \cdot \text{人}^{-1}$ 。

第四步：测算旅游业的碳排放与能源消耗

$$\begin{aligned} C_j &= C_j^{(T)} + C_j^{(H)} + C_j^{(A)} \\ E_j &= E_j^{(T)} + E_j^{(H)} + E_j^{(A)} \end{aligned}, \quad (4)$$

式中， C_j 、 E_j 分别表示 j 地区旅游业的碳排放与能源消耗，它们根据交通、住宿、活动三大部门汇总所得。

1.1.2 评价指标体系 旅游生态效率是在生态效率概念的基础上建立起来的，以期旅游业能以最小的经济投入获得最大的经济产出以及造成最小的环境破坏。为全面分析中国旅游生态效率水平，本研究参照已有研究^[8,11, 25-26]，在投入指标方面，从经济学三大基本要素（资本、土地、劳动）出发考量旅游生态效率的资源投入，因为旅游业的特殊属性，很少涉及固定的土地要素，土地投入很难精准统计，因此主要从资本和劳动两方面衡量。首先，饭店、旅行社、旅游景区作为旅游业的重要部门，是旅游业的重要资源投入，它们的数量规模一定程度上反映了旅游地的游客接待能力和旅游发展水平，因此选取星级饭店数量、旅行社数量、A 级旅游景区数量表征重要资源投入。旅游业固定资产价值保障了旅游业的有序运转，事关旅游业的长效发展，选取其表征资本投入。旅游业作为劳动密集型行业，相比第三产业从业人数，旅游业年末从业人员数量更能够精准客观表示劳动投入。旅游活动，旅游交通、住宿等旅游过程均会消耗能源，因此能源消耗也是旅游业的一项重要的投入。在产出指标方面，期望产出是对旅游经济效益和旅游吸引力的刻画，按照研究惯例，采用旅游总收入与旅游总人次衡量。本研究将非期望产出考虑在内，非期望产出是指“坏”的产出，旅游发展过程带来经济利益同时，也会不可避免的对环境产生影响，选取最具代表的旅游碳排放量衡量。结合数据的科学性与可获取性，从资源投入、期望产出和非期望产出三个角度选取 9 个指标进行综合测量，评价指标体系构建如下：

表 1 旅游生态效率评价指标体系

Tab.1 Evaluation index system of tourism ecological efficiency

指标类型	指标类别	指标构成
------	------	------

		星级饭店数量
	重要资源投入	旅行社数量
资源投入	资本投入	A 级旅游景区数量
	劳动力投入	旅游业固定资产
	能源消耗	旅游业年末从业人员
期望产出	经济产出	旅游能源消耗总量
	旅游吸引力	旅游总收入
非期望产出	环境影响	旅游总人次
		旅游碳排放总量

1.1.3 超效率 SBM (Super-SBM) 模型 数据包络分析 (DEA) 是效率评价的传统方法, 但传统的 DEA 模型大多为径向模型, 未考虑到松弛变量, 可能造成多个有效单元, 而 Super-SBM 模型为非径向模型, 以虚拟最佳前沿面为比较值, 不仅能实现对无效单元的认识, 而且可对有效单元进行进一步比较。此外, 它将“坏的产出”考虑在内, 从期望与非期望两个维度考量产出指标, 且能够对决策单元进行进一步的区分与排序, 因此本文采用 Super-SBM 模型实现对旅游生态效率的测度, 模型构建如下^[27]:

$$\delta^* = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (s_i^r / x_{i0})}{1 - \frac{1}{m} \sum_{r=1}^m (s_r^q / y_{r0}^q) + \sum_{r=1}^m (s_r^f / y_{r0}^f)}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} x_0 = X \lambda + s^r \\ y_0^q = Y^q \lambda - s^q \\ y_0^f = Y^f \lambda + s^f \\ s^r, s^q, s^f, \lambda \geq 0 \end{cases}$$
(5)

1.2 俱乐部趋同效应的检验方法

1.2.1 传统马尔科夫 (Markov) 链 马尔科夫链是研究俱乐部趋同的常用方法之一, 是研究在时间和状态均为离散的情况下各变量转移的马尔科夫过程, 表述不同离散状态之间互相转移的概率特征。传统的 Markov 链是在 1 年时间长度下运算的, 而由于各地区旅游资源禀赋与旅游政策响应在一年时间内很难发生变化, 对旅游生态效率产生深刻影响, 因此需要从不同时长下考察中国旅游生态效率的趋同效应, 才能更为科学合理地评价其俱乐部趋同特征。鉴于此, 本文将传统的 Markov 链发展为可变时长的 Markov 链, 根据严格的统计检验, 选取时间间断点, 为了使连续变量离散化, 借鉴周迪等研究, 将中国旅游生态效率分 4 个等级^①, 通过测算不同等级间旅游生态效率的转移概率, 来评价是否存在俱乐部趋同效应, 转移概率计算公式如下^[28]:

^① 据每年中国 31 个省域旅游生态效率的平均值为标准, 低于平均值 50% 的为低效率, 介于平均值 50%~100% 之间的为较低效率, 介于平均值 100%~150% 之间的为较高效率, 大于平均值 150% 的为高效率。

$$P_{ij}^{t,t+d} = \frac{\sum_{t=2007}^{2017-d} n_{ij}^{t,t+d}}{\sum_{t=2007}^{2017-d} n_i^t}, \quad (6)$$

式中， $P_{ij}^{t,t+d}$ 表示转移概率，即在 t 年旅游生态效率为 i 等级转移到 $t+d$ 年旅游生态效率为 j 等级的概率， n_i^t 表示研究期内第 t 年旅游生态效率为 i 等级的所有省市数量之和， $n_{ij}^{t,t+d}$ 表示研究期内第 t 年旅游生态效率为 i 等级转移到第 $t+d$ 年旅游生态效率为 j 等级的所有省市之和，且满足 $\sum_j P_{ij}^{t,t+d} = 1$ 。

1.2.2 空间马尔科夫 (Markov) 链 空间马尔科夫链将“空间滞后”因素考虑在内，将空间自相关方法与 Markov 链结合起来，弥补了传统 Markov 链缺乏空间关联视角的不足。事实上任何地理现象空间分布并不是孤立地、随机地，而都与周围空间存在着千丝万缕的联系，因此本研究采用空间 Markov 链综合考量旅游生态效率的俱乐部趋同流动效应是一次有价值的探索。首先确定空间滞后条件，其根据各省市旅游生态效率值与空间滞后权重的乘积所得，公式如下^[29]：

$$Lag = \sum_{i=1}^n x_i w_{ij}, \quad (7)$$

式中， Lag 为空间滞后， x_i 为初始年份地区旅游生态效率值， w_{ij} 为空间邻接矩阵，即两省市若为邻域，则记为 1，否则记为 0。

其次，根据各省市旅游生态效率空间滞后结果，采取与前文一致的划分方法，将空间滞后条件分成 4 个等级，考量在空间滞后条件下，在 t 年旅游生态效率为 i 等级转移到 $t+d$ 年旅游生态效率为 j 等级的概率，并与传统的 Markov 链进行对比，深入探讨某省市旅游生态效率发生概率转移与其邻域旅游生态效率的关系，即空间因素对旅游生态效率转移变化有多大的影响。借助卡方检验来统计传统 Markov 链与空间 Markov 链转移概率的差异，卡方检验公式构建如下^[28]：

$$Q = -2 \log \left\{ \prod_{\lambda=1}^l \prod_{i=1}^k \prod_{j=1}^k \left[\frac{P_{ij}^{t,t+d}}{P_{ij}^{t,t+d}(\lambda)} \right]^{n_{ij}(\lambda)} \right\}, \quad (8)$$

式中， $P_{ij}^{t,t+d}$ 、 $P_{ij}^{t,t+d}(\lambda)$ 分别表示 Markov 转移概率的估计值与在时间段 λ 内所测得 Markov 链转移概率的实际值， l 表示不同的时间段， $n_{ij}(\lambda)$ 为 λ 时间段内发生效率转移的省份个数， Q 服从卡方分布，其自由度为 $k \times (k - 1)$ 与转移概率为 0 的个数之间的差。

1.2.3 俱乐部趋同指数 俱乐部趋同指数是对各俱乐部内部趋同程度的实量化，根据各俱乐部趋同指数的算术平均得到整体俱乐部趋同指数，相对于其他空间相关性分析，它可实现不同俱乐部之间趋同指数的量化也可以对不同时间、空间滞后条件下俱乐部趋同程度的直观比较，计算公式为^[28]：

$$CCI^d = \sum_{i=1}^k P_{ii}^{t,t+d} / k \quad (9)$$

1.3 数据来源

本研究相关数据主要来源于《中国统计年鉴》（2009年—2018年正副本）、《中国旅游统计年鉴》（2009年—2018年正副本）、《中国环境统计年鉴》（2009年—2018年正副本）、《中国交通统计年鉴》（2009年—2018年正副本）、《新中国六十年统计资料汇编》、《中国旅游抽样调查资料》以及各省市国民统计公报等，部分缺失数据参考已有研究^[28-29]，采取趋势法或倒推法所得。

2 中国旅游生态效率的测度

首先，文章基于“自下而上”法测算2007年—2017年中国旅游业的碳排放与能源消耗，再借助DEA Solver pro5.0软件测度中国各年份各省域的旅游生态效率值，分别计算2007年—2011年、2012年—2017年两个阶段中国旅游生态效率均值，精准刻画中国省域旅游生态效率值的时间演变情况（图1），并测度2007年—2017年中国旅游生态效率及其纯技术效率和规模效率（图2）。

由图1可见，2007年—2011年省域旅游生态效率均值为0.770，天津市的效率值最高，达到1.498，而新疆效率值最低，为0.126，各省域旅游生态效率值参差不齐，差距较大，相较而言，东部省市效率值较高，而中西部较低。2012年—2017年省域旅游生态效率均值为0.799，相比前一阶段整体有所提升，特别是中西部省域后期旅游生态效率值提升显著，可能是十八大以后，他们一方面牢牢抓住全域旅游机遇，旅游业得到蓬勃发展，旅游经济效益有所提升，另一方面他们不断推进旅游业供给侧改革，深入落实生态文明建设。其中贵州省的效率值达到最高，而新疆的效率值同样最低。省域旅游生态效率值之间虽仍存在差距，但相比上一阶段，差距有所缩小。

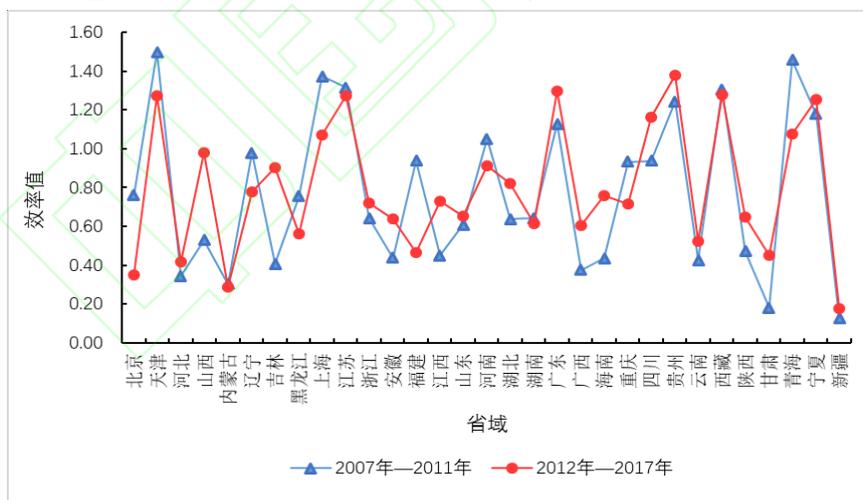


图1 2007年—2017年中国省域旅游生态效率值

Fig. 1 Carbon emission and energy consumption of tourism in China from 2007 to 2017

由图2可见，2007年—2017年中国旅游生态综合效率呈波动上升态势，变动幅度不大，围绕均值0.850上下浮动。表明近十年来，中国旅游生态效率虽水平不高，在“美丽中国”理念倡导下，旅游生态建设有所起色，但发展还不稳定，仍需要持续平衡投入产出比，实现稳定高效发展。其中2008年、2010年效率出现了两个明显的低谷，主要由于中国在该两年分别举办了“北京奥运会”和“上海世博会”国际盛事，虽然旅游业取得了良好的经济效益，但旅游基础设施投入过大，且由于游客的承载过量，造成了巨大的环境压力，所以该两年旅

游生态效率较低。而十八大后旅游生态效率呈现出稳步有升态势，这与十八大以来我国将生态文明建设作为重中之重有关。伴随着我国科技创新力量的增强，研究期内旅游生态纯技术效率也呈现出稳步有升的趋势，2017年相较于2007年增长了12%，可见科学技术日新月异的发展、“互联网+旅游”等创新模式的推广，使得科技创新在旅游业节能减排、生态建设中扮演着重要角色。研究期内旅游生态规模效率变化不大，围绕均值0.912上下浮动，其中2008年、2011年、2013年规模效率较低，主要受金融危机影响，旅游经济不景气，旅游酒店、旅游景点等无序开发导致大量闲置，旅游投入冗余量大，因此旅游生态规模效益低。

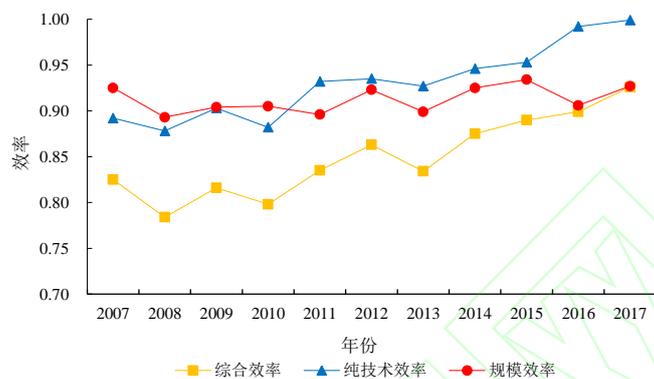


图2 2007年—2017年中国旅游生态效率及其分解效率

Fig. 2 Ecological efficiency and decomposition efficiency of tourism in China from 2007 to 2017

3 中国旅游生态效率俱乐部趋同的时空变化特征

3.1 俱乐部趋同的时间演变特征

为了把握中国旅游生态效率俱乐部趋同效应的时间演变特征，本文选取不同时间段进行纵向比较分析，考虑到我国惯于用5年做一个中短期规划，因此本文借助Matlab软件测算1~5a时长下中国旅游生态效率不同俱乐部之间的转移概率，结果如表2所示。根据31个省（市、自治区）旅游生态效率的差异，将其划分为4个等级俱乐部，表中转移概率矩阵对角线上的数值表示旅游生态效率保持原有等级俱乐部的概率，而非对角线上的数值则表示旅游生态效率在不同等级俱乐部之间转移的概率。

整体来看，在不同时长下，对角线上概率值均明显高于非对角线上的概率值，表明中国省域旅游生态效率保持同等级的可能性较大，呈现趋同现象。不同时长下各等级俱乐部保持在同等级的概率均值为0.625，最小值为0.407，表明至少40.7%的可能性，效率保持在同等级俱乐部，其中5a时段下稳定在高效率俱乐部的概率最大，为80%。其次，由不同等级俱乐部的概率转移来看，不同时长下转移概率的均值仅为0.125，可见俱乐部转移流动性低，“你追我赶”效应不明显。相较而言，邻近效率之间转移概率较高，而高效率与低效率之间转移概率较低，可见不同俱乐部转移中，两个俱乐部等级越邻近，转移的概率相对较大。此外，不同等级俱乐部之间的效率向上转移的可能性明显大于向下转移，表明中国省域旅游生态效率向上提升的可能性较大。究其原因，可能与近年来中国重视生态文明建设有关，一些省域有效落实党中央政策法规，在发展旅游业的同时也加强环境规制，科技创新，降低了旅游业的环境污染，提升了旅游业的环境质量。

具体而言，首先在1~5a时长条件下，中国旅游生态效率的俱乐部趋同指数分别为0.648、0.634、0.625、0.612、0.606，可见随着时长的增加，俱乐部趋同指数呈现下降的趋势，表明时间越长，中国旅游生态效率的俱乐部趋同程度有所减弱，这可能由于时长积累，省域对旅游生态效率管控消化能力也不断增强，效率固化效应得到削减。其次，不同时长下俱乐部趋

同特征也存在差异，在较短时长下（如 1a、2a），低水平效率俱乐部趋同效应较显著，表明旅游生态效率较低省份很难在较短时间内得到提升，容易陷入“低效率”陷阱。而在较长时长下，俱乐部趋同效应呈现明显向高水平效率俱乐部靠拢的趋势，尤其是 5a 下，较高效率与高效率俱乐部趋同概率达到 0.708、0.800，可见，随着时间的积累，高效率省域不断吸收区域优势要素，加强地区协作，更容易保持和巩固自身的效率地位。在不同时长条件下，中国旅游生态效率均呈现显著的俱乐部趋同效应，但随着时段延长，省域“你追我赶”的积极性有所提升，尤其是位于中层等级效率俱乐部的转移概率相对较大，这与效率水平位于中层等级的省市数量不断增多有关。

表 2 不同时长下中国旅游生态效率的俱乐部趋同检测结果

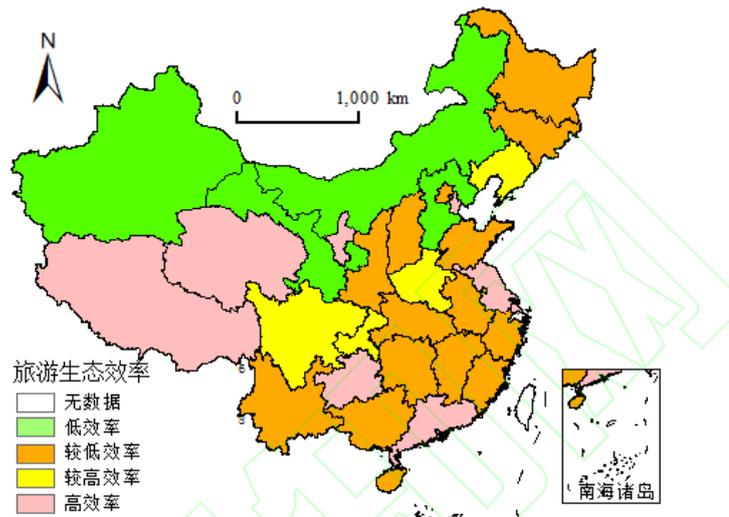
Tab.2 Club convergence test results of China's tourism ecological efficiency under different time periods

时长	类型	低效率	较低效率	较高效率	高效率
1a	低效率	0.696	0.232	0.054	0.018
	较低效率	0.147	0.679	0.128	0.046
	较高效率	0.072	0.169	0.554	0.205
	高效率	0.016	0.097	0.226	0.661
2a	低效率	0.654	0.284	0.062	0.000
	较低效率	0.167	0.710	0.040	0.083
	较高效率	0.110	0.112	0.545	0.233
	高效率	0.000	0.102	0.273	0.625
3a	低效率	0.567	0.333	0.067	0.033
	较低效率	0.052	0.692	0.205	0.051
	较高效率	0.000	0.182	0.727	0.091
	高效率	0.059	0.118	0.311	0.512
4a	低效率	0.487	0.282	0.231	0.000
	较低效率	0.130	0.525	0.250	0.095
	较高效率	0.000	0.105	0.725	0.170
	高效率	0.000	0.087	0.204	0.709
5a	低效率	0.407	0.368	0.225	0.000
	较低效率	0.094	0.509	0.259	0.138
	较高效率	0.000	0.124	0.708	0.168
	高效率	0.000	0.080	0.120	0.800

3.2 俱乐部趋同的空间特征

3.2.1 空间分布格局 根据前文划分标准，将 2007 年—2017 年中国省域旅游生态效率均值分为 4 个等级，借助 ArcGIS 软件，绘制中国旅游生态效率的空间分布图（图 3）。由图 3 可见：1）中国旅游生态效率高效率区分布较为零散，包括西藏、北京等 8 个省市，由于近几年青海、西藏等西部省市旅游业发展迅猛，旅游业经济产出大，且其原始的自然景观，地广人稀的生态环境，使得旅游业投入相对较少，旅游业碳排放与能耗较少，旅游生态效率高。北上广发达省市的高效率可能与其旅游产业结构、科技创新以及旅游消费水平等有关。2）较高效率区分布也较为分散，为四川、重庆、河南、辽宁四省市，川渝地区近几年成为旅游热点城市，旅游经济效益好，河南、辽宁二省以其旅游资源禀赋，且游客多以短途为主，

因此旅游生态效率较高。3) 旅游生态效率较低区分布集中在中东部地区, 包括湖南、湖北、福建等 15 个省市, 大多为长江、黄河流域中下游省市, 这里早期就是人类活动的前瞻地, 沿岸也保留了很多人类文化遗址, 因此旅游发展较早, 是传统的旅游热点区域, 而随着游客的接踵而至, 使其受人类旅游活动影响较大, 旅游生态效率的投入量相应也较大; 另一方面, 随着这些地区旅游量的接近饱和以及人们求新猎奇的旅游心理, 使得这些地区的旅游生态效率的经济产出相对减少, 且这些地区旅游消费水平一般, 导致旅游生态效率较低。4) 新疆、内蒙古、甘肃、河北位于旅游生态效率低效率区, 这些省市大多地理位置偏远、交通不便、经济欠发达、生态环境脆弱、旅游业刚刚起步。



注: 本图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2016)1549 号的标准地图制作, 底图无修改, 下同。

图 3 中国旅游生态效率空间分布格局

Fig.3 Spatial distribution pattern of tourism ecological efficiency in China

3.2.2 空间转移特征 传统 Markov 链从时间维度比较了旅游生态效率向上和向下转移, 却未将空间滞后因素考虑在内, 而邻域效率转移对其周边效率转移具有一定的影响, 因此本文基于空间 Markov 链, 测得在不同空间滞后条件下 4 个等级俱乐部旅游生态效率转移的结果 (表 3)。

表 3 中国旅游生态效率的空间 Markov 链结果

Tab.3 Spatial Markov chain results of China's tourism ecological efficiency

空间滞后	类型	<i>n</i>	低效率	较低效率	较高效率	高效率
低水平邻居	低效率	23	0.750	0.100	0.150	0.000
	较低效率	16	0.063	0.688	0.186	0.063
	较高效率	13	0.231	0.154	0.462	0.153
	高效率	3	0.000	0.000	1.000	0.000
较低水平邻居	低效率	31	0.615	0.385	0.000	0.000
	较低效率	60	0.273	0.600	0.091	0.036
	较高效率	16	0.111	0.278	0.556	0.055
较高水平邻居	高效率	3	0.000	1.000	0.000	0.000
	低效率	0	0.000	0.000	0.000	0.000
	较低效率	21	0.000	0.533	0.411	0.056
	较高效率	20	0.000	0.050	0.550	0.400

高水平邻居	高效率	36	0.000	0.062	0.375	0.563
	低效率	11	0.000	0.800	0.100	0.100
	较低效率	26	0.000	0.450	0.500	0.050
	较高效率	31	0.031	0.188	0.556	0.225
	高效率	31	0.036	0.157	0.186	0.621

由表 3 可知，不管是在何种空间滞后的条件下，矩阵中对角线的数值均大于两边的数值，表明不论空间滞后条件如何，中国旅游生态效率均呈现显著俱乐部趋同的分布。但在不同的滞后条件下，俱乐部转移概率存在着明显差异，表明空间因素对旅游生态效率的转移重要影响。对比不同空间滞后条件下的转移概率，可以得到如下特征：1) 空间滞后水平越低，旅游生态效率保持在低水平效率俱乐部的可能性越大，如低水平邻居下低效率俱乐部趋同程度为 0.750，而高水平邻居下低效率趋同可能性约为 0。2) 空间滞后水平较低时，俱乐部向下转移的概率较大，而空间滞后较高时，俱乐部向上转移的概率较大，表明中国旅游生态效率存在“近朱者赤，近墨者黑”趋势，邻域效率水平对其周围具有正向影响。3) 随着空间滞后水平上升，虽高水平效率俱乐部趋同程度会增加，但总体而言，俱乐部趋同指数呈减少趋势，如低水平邻居下，俱乐部趋同指数为 0.475，而高水平邻居下，俱乐部趋同指数为 0.407。可见，空间滞后水平越高，旅游生态效率的固性有所减弱，效率向上或向下的可能性有所增强。

通过比较传统 Markov 链与空间 Markov 链俱乐部趋同转移概率的大小，得到省域旅游生态效率的转移趋势，为了更直观反映邻域效率转移与自身效率转移二者之间的关系，本文借助 ArcGIS10.2 软件绘制 2007 年—2017 年省域旅游生态效率空间转移情况（图 4a）和省域及邻域旅游生态效率空间转移情况（图 4b），对中国旅游生态效率的俱乐部趋同效应进行可视化处理。

如图 4a 所示，在 2007 年—2017 年新疆、江苏、广西等 13 省市处于平稳状态，占比高达 41.94%，主要为西北和东部沿海省市，这表明近几年该些省市旅游生态效率变化不大，可能由于其在旅游生态效率投入与产出上相对稳定，而若干西北省市可能陷入“低效率”陷阱。湖南、河南等 9 省市旅游生态效率向下转移，分布较为集聚，这与他们大多自身旅游生态效率较低，且受邻域影响较大，生态环境脆弱，且对环境规制消化较慢有关。广东、江西等 9 省市旅游生态效率向上转移，他们大多为邻近东部发达省市的中部省份，究其原因，一方面可以优先吸收东部的优势资源，另一方面可能与自身旅游产业结构升级、环境规制的落实等有关。总的来看，2007 年—2017 年中国旅游生态效率主要处于平稳状态，向上转移和向下转移的省份数量一样多，其中邻近东部沿海的中部省市旅游生态效率向上转移，而部分中西部和东北省市旅游生态效率向下转移，分布较为集聚。

为了对比在邻域影响下，各省市旅游生态效率转移情况，本文对省际及邻域旅游生态效率空间转移也进行分级色彩可视化处理（图 4b），由图 4b 所示，其中“下一上”、“下一平”、“下一下”分别表示旅游生态效率“邻域向下转移—自身向上转移”、“邻域向下转移—自身平稳”、“邻域向下转移—自身向下转移”，其他图例项同理可得。1) 当邻域旅游生态效率向下转移时，北京、云南等 5 省市可以独善其身，保持平稳发展；而吉林、山西等 7 省市也向下转移，该些省市为中西部省市，自身旅游业发展水平低且旅游生态效率低，陷入“低效率”困境，易受邻域影响；仅海南可以突破重围，实现向上转移，这由于海南作为知名的国家旅游岛，旅游业在地方经济中占据重要地位，因此受邻域影响较小，其次海南因其优越的自然气候、独特的地理位置，在吸收东南沿海旅游生态效率空间溢出上独具优势。2) 当邻域旅游生态效率保持平稳时，陕西、浙江、江西三省与其邻域保持平稳；而宁夏、广东、西藏三省向上转移，他们凭借其旅游资源禀赋，抓住旅游发展机遇，加强区域旅游发

展规划,实现顺势而上;仅河北、辽宁旅游生态效率向下转移,辽宁旅游生态效率相对邻域较高,容易出现“拖累”现象,而河北本省旅游生态效率较低,在“低效率”陷阱中很难脱身。3)当邻域旅游生态效率向上转移时,贵州、江苏、重庆、四川四省向上转移,他们大多旅游业发达,区域联系紧密,在旅游生态效率转移中占有主导权,特别是西南省份,近年来旅游热点持续上升;河南、湖北二省旅游生态效率保持平稳,二省作为中部省份,旅游业发展一直比较平稳,旅游生态效率变化不大;仅湖南旅游生态效率向下转移,由于湖南旅游资源特色与其邻域存在同质竞争,因此他要发挥空间关联优势,加强区域协作,打造旅游精品线,跳出“低效率”陷阱,向高效率迈进。4)对比图 2a 和图 2b 我们可见在空间滞后条件下旅游生态效率虽大体格局没有发生太大的变化,但各省市旅游生态效率变化更灵活和复杂多样。

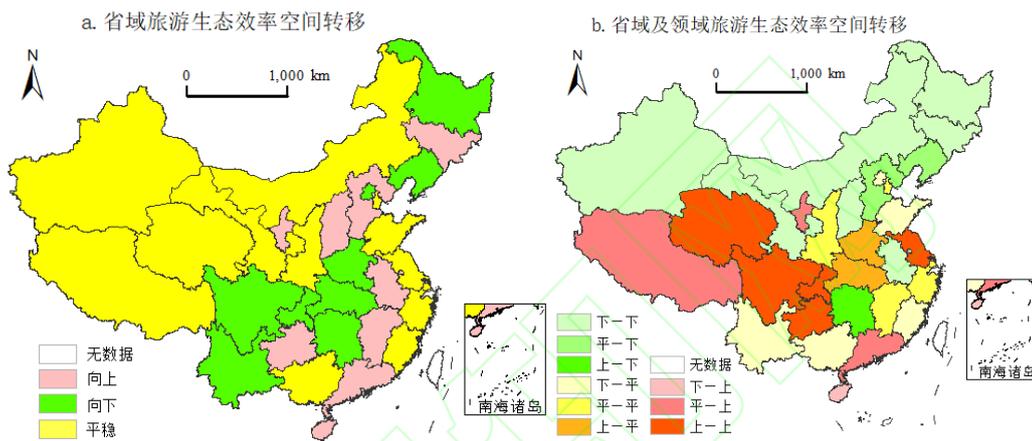


图 4 旅游生态效率空间转移

Fig. 4 Spatial transfer of tourism ecological efficiency

4 俱乐部趋同的影响因素分析

4.1 因素选择与模型构建

为了深入探究影响旅游生态效率俱乐部趋同的因素,本文采用适用于空间分异分析的地理探测器方法。该方法与传统的回归方法相比,因其假设条件较少,限制与制约要素较少,而被广泛应用于地理现象时空演变的形成机制与影响因素分析^[30],本文借助地理探测器对旅游生态效率俱乐部趋同的影响因素进行定量探测识别,模型构建如下:

$$P_{D.V} = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{i=1}^m n_i \sigma_i^2 \quad (10)$$

式中, $P_{D.V}$ 表示影响因素的影响力,影响力处于 0 到 1 之间,影响力越大,表明该因素对旅游生态效率的决定力就越大; n 表示省份数量 31 个; σ_i^2 表示旅游生态效率的离散方差; n_i 、 σ_i 表示下一级区域中省份的数量和其旅游生态效率方差; m 表示影响因素的个数。

中国旅游生态效率俱乐部趋同是多种因素综合作用的结果,本文参照相关研究^[31-33],主要选取以下 8 项影响因素: 1) 产业结构: 第三产业占比。不同产业的能源消耗率和碳排放效率存在很大的差异,旅游业作为第三产业的重要组成部分,因此第三产业占比的高低,对旅游生态效率具有重要影响。2) 城镇化水平: 城镇人口所占比重。伴随着城镇数量的增加与扩张,城镇人口比重上升,会改变旅游出行率、旅游环保意识等,对旅游生态效率产生影响。3) 经济发展水平: 人均 GDP。环境库兹涅茨曲线表明经济发展水平与环境污染程度存在着关系,因此人均 GDP 的高低也会影响旅游生态效率。4) 对外开放程度: 进出口总额。

地理探测器正确引用:

[1] Wang JF, Li XH, Christakos G, Liao YL, Zhang T, Gu X & Zheng XY. 2010. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region, China. *International Journal of Geographical Information Science* 24(1): 107-127.

[2] Wang JF, Zhang TL, Fu BJ. 2016. A measure of spatial stratified heterogeneity. *Ecological Indicators* 67: 250-256.

[3] 王劲峰, 徐成东. 2017. 地理探测器: 原理与展望. *地理学报* 72(1): 116-134. [Wang JF, Xu CD. 2017. Geodetector: Principle and prospective. *Acta Geographica Sinica* 72(1):116-134.]

“污染避难所假说”认为污染产业或企业的转移与对外开放程度相关，且对外开放也可以引进先进技术，消化环境污染^[32]。5) 技术进步：专利授权数。技术进步可以降低旅游业能源消耗与碳排放，提高旅游生态效率。6) 政府规制：节能环保财政支出。政府环境规制加强对环境非市场型管控，依靠政府手段对旅游环境污染起着良好的规范与调节作用。7) 旅游专业化水平：地区旅游总收入占地区生产总值比重。研究发现^[31]旅游专业化水平对旅游碳排放具有很好的抑制作用，有利于旅游生态效率的提高。8) 旅游人次比：地区旅游总人次占地区（常住）人口数量比重。旅游人次比与地区旅游消费水平、旅游产业结构相挂钩，对地区旅游生态效率的投入与产出结构有着重要影响。

4.2 影响结果分析

2007 年—2017 年各因素对旅游生态效率影响的检验结果如表 4 所示：1) 产业结构对省域旅游生态效率的影响仅在 2012 年未通过显著性检验，其余各年影响显著且影响系数均值高达 0.206 8，其中 2013 年影响系数最大，高达 0.306 1，表明研究期内产业结构对旅游生态效率一直保持着显著平稳的影响，影响力较强，可见地区产业结构的变化会引起旅游生态效率的空间演变。2) 城镇化水平在 2010 年、2011 年、2014 年、2016 年未通过显著性检验，显著年份影响系数呈现减小趋势，表明随着新型城镇化步伐的加快，乡村振兴、城乡一体化均在一定程度上削弱了城镇化水平对旅游生态效率的影响。3) 经济发展水平在 2007 年—2011 年以及 2015 年显著，影响系数均较小，可能由于旅游生态效率是对经济和环境两大系统的综合考量，经济发展水平只是其中一小部分。4) 对外开放程度仅在 2008 年、2009 年对旅游生态效率影响显著，且影响力不高，由于全球化背景下，对外开放对旅游生态效率是把“双刃剑”。5) 技术进步仅在 2009 年、2014 年—2016 年通过显著性检验，影响系数均较小，但近年来的显著性有所增强，表明技术进步对旅游生态效率的作用开始凸显。6) 政府规制仅在 2011 年、2013 年、2016 年不显著，显著年份影响系数均值达到 0.154 3，表明政府规制对旅游生态效率影响较强，因此各地方政府规制的合理与科学，也会使地区旅游生态效率呈现一定的差异。7) 旅游专业化水平在研究期内均通过了显著性检验，且影响系数均值达到 0.223 8，其中 2010 年最高，达到 0.464 2，一直保持在较高影响力的状态，可见旅游专业化水平对旅游生态效率具有较强影响。8) 旅游人次比对旅游生态效率同样始终保持着显著影响，影响系数均值高达 0.233 0，但影响系数呈现下降趋势，这可能与公民环保意识提高以及环境规制的加强，使得旅游人次比对旅游生态效率的影响有所削弱。

表 4 中国旅游生态效率俱乐部趋同影响因素的检验结果

Tab.4 Test results of influencing factors of China tourism ecological efficiency club convergence

年份	产业结构	城镇化水平	经济发展水平	对外开放程度	技术进步	政府规制	旅游专业化水平	旅游人次比
2007	0.191 8*	0.289 6***	0.191 9*	0.154 6	0.069 1	0.096 7**	0.262 0***	0.395 6***
2008	0.158 0*	0.277 9***	0.177 7**	0.169 0*	0.129 7	0.179 6***	0.187 9**	0.304 5***
2009	0.160 6*	0.196 6**	0.159 1*	0.147 8*	0.098 9*	0.117 6**	0.110 1**	0.211 6**
2010	0.132 0**	0.002 9	0.071 7**	0.031 9	0.001 7	0.182 3***	0.464 2***	0.364 8***
2011	0.290 6**	0.059 0	0.071 8*	0.139 7	0.096 6	0.200 5	0.164 5*	0.257 2***
2012	0.105 6	0.118 2**	0.014 2	0.218 2	0.133 1	0.199 7*	0.108 5***	0.169 2**
2013	0.306 1***	0.124 4**	0.053 7	0.080 0	0.118 1	0.028 9	0.201 9**	0.274 7***
2014	0.176 0**	0.066 3	0.022 5	0.049 4	0.090 6**	0.062 6*	0.296 2**	0.106 0**
2015	0.141 4**	0.196 6**	0.048 8*	0.131 2	0.083 5*	0.097 9*	0.231 0***	0.131 7**
2016	0.113 2*	0.077 5	0.030 1	0.099 4	0.089 8**	0.010 8	0.230 6*	0.025 1*
2017	0.283 2*	0.136 4*	0.076 9	0.121 1	0.089 6	0.029 8***	0.204 8**	0.322 2***

注: **、*表示影响系数在 1%、5%、10%上通过显著性检验。

5 结论与讨论

本文基于对 2007 年—2017 年中国旅游生态效率的测度,对其是否存在俱乐部趋同效应进行检验,并深入研究其俱乐部趋同效应的时间演变特征与空间差异特征,探测其时空演变机理,得到以下主要结论。

1) 2007 年—2017 年中国旅游生态效率整体水平不高,但呈波动上升趋势,变动幅度不大;省域旅游生态效率虽分布不均衡,但呈现出显著的俱乐部趋同效应,其中少数东部沿海和西部省市效率较高,而大多数中西部省市效率较低。

2) 不同时长下,中国旅游生态效率均呈现显著的俱乐部趋同效应,且趋同稳定性较强,但随着时长的积累,俱乐部趋同指数呈现下降趋势,即中国旅游生态效率的固化效应有所减弱,前期低水平俱乐部趋同程度较高,后期高水平俱乐部趋同程度较高。在非同等级俱乐部转移中,相邻等级之间概率转移的可能性更大,特别是中层等级俱乐部趋同转移概率较高。

3) 不同空间滞后下,中国旅游生态效率同样呈现俱乐部趋同效应,大多数省份主要处于平稳状态,向上转移和向下转移的省份数量均为 9 个,其中邻近东部沿海地区的中部省市旅游生态效率向上转移,而部分中西部和东北省市旅游生态效率向下转移,分布较为集聚。随着空间滞后条件的提升,中国旅游生态效率俱乐部趋同的固化效应也不断的削弱,空间因素在俱乐部转移中起着很重要作用,大部分省市与邻域效率转移保持相同方向,但少数东部沿海和西南省市可以实现向上转移,而若干中西部省市陷入“低效率”陷阱。

4) 影响中国旅游生态效率俱乐部趋同的显著性因素,按影响力均值从大到小依次为旅游人次比、旅游专业化水平、产业结构、城镇化水平、政府规制、经济发展水平,而技术进步与对外开放水平在多数年份显著性不强。

基于以上实证结论,我们发现中国旅游生态效率还存在较大的空间等级差异,虽俱乐部趋同效应比趋异效应更为显著,但也有一部分省市会出现旅游生态效率向下转移的可能性。鉴于此,本文提出以下建议:第一,各省市应尽全力提高自身旅游生态效率,缩小旅游生态效率省际差距,实现区域均衡发展,特别是生态环境脆弱、旅游发展水平较低的西北地区,应充分吸收邻域及跨区域的空间溢出,实现自身的跨越发展。第二,对于在空间滞后条件下,俱乐部趋同向下转移的省份,应加强与高水平俱乐部成员之间的联系,抓住区域联动机遇,整合自身实力,实现最大效率,使效率转移稳中有进。第三,对于低水平效率俱乐部趋同成员,不能安于现状,应充分挖掘旅游发展潜力,拓宽旅游生态效率空间溢出渠道,创造优势平台,强力吸收来自高水平俱乐部的空间溢出,增强效率转换的流动性,实现“追赶”效应。

同时,本文尚存在不足之处,如在旅游碳排放与能源消耗测度方面,本文参考目前主流的“自下而上”法,主要对旅游业直接碳排放量和能源消耗量进行统计,而对旅游业的间接碳排放量没有统计在内,因此,存在一定“漏损”,旅游生态效率仅具有一定的参考价值。其次,影响旅游生态效率俱乐部趋同的因素有很多,本研究选取具有代表性八大因素,还有一些具体而微的因素未纳入考虑,这也是今后还需努力,不断改进优化的方向。

参考文献:

- [1] AHMAD F, DRAZ M U, SU L J, et al. Taking the bad with the good: The nexus between tourism and environmental degradation in the lower middle-income Southeast Asian economies[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 233(4): 1240-1249.
- [2] 程 慧, 徐 琼, 郭尧琦. 我国旅游资源开发与生态环境耦合协调发展的时空演变[J]. 经济地理, 2019, 39(7): 233-240.
CHENG H, XU Q, GUO Y Q. Spatial and temporal evolution of the coordinated development of tourism resources development

- and ecological environment in China[J]. *Economic Geography*,2019,**39**(7):233-240. (Ch).
- [3] 王淑新, 何红, 李双, 等. 中国旅游足迹家族研究进展[J]. *自然资源学报*,2019,**34**(2):424-436.
WANG S X, HE H, LI S, et al. Research progress of China's tourism footprint family[J]. *Journal of Natural Resources*,2019,**34**(2):424-436. (Ch).
- [4] WBCSD. *Eco-efficiency: Creating More Value With Less Impact*[C]. Geneva: WBCSD, 2000.
- [5] 姚治国, 陈田. 国外旅游生态效率研究综述[J]. *自然资源学报*,2015,**30**(7):1222-1231.
YAO Z G, CHEN T. A review of foreign tourism ecology efficiency research[J]. *Journal of Natural Resources*,2015,**30**(7):1222-1231. (Ch)
- [6] SABINE P, ANA S, MATTHIAS S. The greenhouse gas intensity of the tourism sector: The case of Switzerland[J]. *Environmental Science & Policy*, 2010,**13**(2): 131-140.
- [7] 姚治国, 陈田. 旅游生态效率模型及其实证研究[J]. *中国人口资源与环境*,2015,**25**(11):113-120.
YAO Z G, CHEN T. Tourism ecology efficiency model and empirical study[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2015, **25**(11): 113-120. (Ch)
- [8] PENG H S, ZHANG J H, LU L, et al. Eco-efficiency and its determinants at a tourism destination: a case study of Huangshan national park, China[J]. *Tourism Management*,2017,**60**(6):201-211.
- [9] 姚治国, 陈田, 尹寿兵, 等. 区域旅游生态效率实证分析——以海南省为例[J]. *地理科学*,2016,**36**(3):417-423.
YAO Z G, CHEN T, YIN S B, et al. Empirical analysis of regional tourism eco-efficiency: a case study of Hainan province[J]. *Geographical Science*,2016,**36**(3):417-423. (Ch).
- [10] LIU J, ZHANG J F, FU Z B. Tourism eco-efficiency of Chinese coastal cities: analysis based on the DEA-Tobit model[J]. *Ocean and Coastal Management*,2017,**148**:164-170.
- [11] 林文凯, 林璧属. 区域旅游产业生态效率评价及其空间差异研究——以江西省为例[J]. *华东经济管理*,2018,**32**(6):19-25.
LIN W K, LIN B S. Research on ecological efficiency evaluation and spatial difference of regional tourism industry: taking Jiangxi Province as an example[J]. *East China Economic Management*, 2018,**32**(6):19-25. (Ch).
- [12] ZHANG J, NITIN J, JANELLE H, et al. Eco-efficiency of service co-production: connecting eco-certifications and resource efficiency in U.S. hotels[J]. *Cornell Hospitality Quarterly*,2014,**55**(3):252-264.
- [13] 胡宇娜, 梅林, 魏建国. 基于 GWR 模型的中国区域旅行社业效率空间分异及动力机制分析[J]. *地理科学*,2018,**38**(1):107-113.
HU Y N, MEI L, WEI J G. Analysis of spatial differentiation and dynamic mechanism of regional travel agency industry efficiency in China based on GWR model[J]. *Geographical Science*,2018,**38**(1):107-113. (Ch).
- [14] 肖建红, 于爱芬, 王敏. 旅游过程碳足迹评估——以舟山群岛为例[J]. *旅游科学*, 2011,**25**(4): 58-66.
XIAO J H, YU A F, WANG M. Assessment of carbon footprint in tourism process: taking Zhoushan islands as an example[J]. *Tourism Science*,2011,**25**(4): 58-66. (Ch).
- [15] QIU X P, FANG Y P, YANG X T, et al. Tourism eco-efficiency measurement, characteristics, and its influence factors in China[J]. *Sustainability*,2017,**9**(9):1-19.
- [16] 王淑新, 何红, 王忠锋. 秦巴典型景区旅游生态效率及影响因素测度[J]. *西南大学学报(自然科学版)*,2016,**38**(10):97-103.
WANG S X, HE H, WANG Z F. Measurement of tourism ecological efficiency and influential factors in typical scenic spots of Qinba[J]. *Journal of Southwest University (Natural Science)*, 2016,**38**(10):97-103. (Ch).
- [17] 姚治国. 国外旅游生态效率优化与管理[J]. *生态学报*,2019,**39**(2):700-708.
YAO Z G. Optimization and management of tourism eco-efficiency abroad[J]. *Acta Ecologica Sinica*,2019,**39**(2):700-708. (Ch).
- [18] 朱梅, 汪德根. 旅游生态效率优化中旅游者参与的困境及出路[J]. *旅游学刊*,2016,**31**(10):11-13.
ZHU M, Wang D G. The dilemma and outlet of tourists' participation in tourism eco-efficiency optimization[J]. *Tourism Tribune*,2016,**31**(10):11-13. (Ch).
- [19] BARRO R J, SALAIMARTIN X. Convergence across U.S. States and regions[J]. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1991, **22**(1):107-182.

- [20] BECHEN S, SIMMONS D G, FTRAMPTO C. Energy use associated with different travel choices[J]. *Tourism Management*,2003,**24**(3):267- 277.
- [21] PATTERSON M, MEDONAD G. How clean and green is New Zealand tourism[M] Lincoln: Manaki Whenua,2004.
- [22] 魏艳旭, 孙根年, 马丽君, 等. 中国旅游交通碳排放及地区差异的初步估算[J]. *陕西师范大学学报(自然科学版)*,2012,**40**(2) :76-84.
WEI Y X, SUN G N, MA L J, et al. Preliminary estimation of carbon emissions and regional differences in China's tourism transportation[J]. *Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition)*, 2012, **40**(2): 76- 84. (Ch).
- [23] GOSSLING S, PEETER S P, CERON J P, et al. The eco-efficiency of tourism[J]. *Ecological Economics*,2005,**54**(4) :417-434.
- [24] 石培华, 吴 普. 中国旅游业能源消耗与 CO₂ 排放量的初步估算[J]. *地理学报*,2011,**66**(2): 235-243.
SHI P H, WU P. Preliminary estimation of China's tourism energy consumption and CO₂ emissions[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2011, **66**(2):235-243. (Ch).
- [25] 查建平. 中国低碳旅游发展效率、减排潜力及减排路径[J]. *旅游学刊*,2016,**31**(9):101-112.
ZHA J P. China's low carbon tourism development efficiency, emission reduction potential and emission reduction path[J]. *Tourism Journal*,2016,**31**(9): 101-112. (Ch).
- [26] 刘 佳, 陆 菊. 中国旅游产业生态效率时空分异格局及形成机理研究[J]. *中国海洋大学学报*, 2016,**32**(1):50-57.
LIU J, LU J. Research on spatial and temporal differentiation patterns and formation mechanism of China's tourism industry ecological efficiency[J]. *Journal of Ocean University of China*, 2016,**32**(1):50-57. (Ch).
- [27] 侯孟阳, 姚顺波. 1978~2016 年中国农业生态效率时空演变及趋势预测[J]. *地理学报*,2018,**73**(11):2168-2183.
HOU M Y, YAO S B. Temporal and spatial evolution and trend prediction of agricultural eco-efficiency in China from 1978 to 2016[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, **73**(11): 2168-2183. (Ch).
- [28] 周 迪, 周丰年. 中国水资源利用效率俱乐部趋同的检验、测度及解释 :2003~2015 年[J]. *自然资源学报*,2018,**33**(7):1103-1115.
ZHOU D, ZHOU F N. Test, measurement and interpretation of China's water resources utilization efficiency club convergence: 2003~2015[J]. *Journal of Natural Resources*, 2018,**33**(7):1103-1115. (Ch).
- [29] 方叶林, 黄震方, 王 芳, 等. 中国大陆省际旅游效率时空演化及其俱乐部趋同研究[J]. *地理科学进展*,2018,**37**(10):1392-1404.
FANG Y L, HUANG Z F, WANG F, et al. Spatial and temporal evolution of inter-provincial tourism efficiency in China and its club convergence[J]. *Progress in Geography*,2018,**37**(10):1392-1404. (Ch).
- [30] 吕 晨, 蓝修婷, 孙 威. 地理探测器方法下北京市人口空间格局变化与自然因素的关系研究[J]. *自然资源学报*,2017,**32**(8):1385-1397.
LV C, LAN X T, SUN W. Relationship between spatial pattern change of Beijing population and natural factors under the method of geographic detector[J]. *Journal of Natural Resources*,2017,**32**(8):1385-1397. (Ch).
- [31] 王 凯, 邵海琴, 周婷婷, 等. 基于 EKC 框架的旅游发展对区域碳排放的影响分析——基于 1995~2015 年中国省际面板数据[J].*地理研究*,2018,**37**(4):742-750.
WANG K, SHAO H Q, ZHOU T T, et al. Analysis of the impact of tourism development on regional carbon emission based on EKC framework: based on Chinese provincial panel data from 1995 to 2015[J]. *Geographical Research*, 2018,**37**(4):742-750. (Ch).
- [32] 卢燕群, 袁 鹏. 中国省域工业生态效率及影响因素的空间计量分析[J]. *资源科学*,2017,**39**(7):1326-1337.
LU Y Q, YUAN P. Spatial econometric analysis of industrial eco-efficiency and influencing factors in China's provinces[J]. *Resources Science*,2017,**39**(7):1326-1337. (Ch).
- [33] 邢贞成, 王济干, 张 婕. 中国区域全要素生态效率及其影响因素研究[J]. *中国人口 资源与环境*,2018,**28**(7):119-126.
XING Z C, WANG J G, ZHANG J. Research on the regional total factor ecological efficiency and its influencing factors in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018,**28**(7):119-126. (Ch).

Club Convergence Research on China's Tourism Eco-efficiency

CHENG Hui¹, XU Qiong¹, GUO Yaoqi²

(1.College of Tourism, Hunan Normal University, Changsha 410081, China;

2.School of Mathematics and Statistics, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Based on the bottom-up method and Super-SBM model, the eco-efficiency of inter-provincial tourism in China from 2007 to 2017 is calculated. Combined with the variable-length Markov chain and spatial Markov chain, the spatio-temporal evolution characteristics of club convergence are analyzed. Finally, the factors affecting the club convergence of China's tourism eco-efficiency are explored by means of geo-detectors. The results are shown as follows. 1) Although the overall level of China's tourism eco-efficiency is not high, it is fluctuating and rising. The inter-provincial tourism eco-efficiency distribution is not balanced, but it has a significant club convergence effect. 2) Under different time periods, China's tourism eco-efficiency is distributed by clubs, and with the accumulation of time, the convergence curing effect is weakened with transfer between adjacent clubs becoming more likely. 3) Under different spatial lag conditions, most provinces and their areas are in the same direction of efficiency transfer, while some southeastern and southwestern provinces have shifted their efficiency upwards, and a few central and western provinces and cities have fallen into the trap of 'inefficiency'. 4) The significant factors affecting the evolution of China's tourism eco-efficiency club convergence are in descending order of tourist ratio, tourism specialization, industrial structure, urbanization level, government regulation, and economic development.

Key words: tourism eco-efficiency; club convergence; spatial Markov chain; space-time evolution