

秦晓楠,程钰.中国旅游城市生态安全系统评估与类型划分研究——基于节点权重约束网络DEA模型[J].地理科学,2019,39(1):156-163.[Qin Xiaonan, Cheng Yu. Evaluation and Type Classification on Chinese Tourist Urban Ecological Security System: Based on the Network DEA Model with Node Weight. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(1): 156-163.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2019.01.018

中国旅游城市生态安全系统评估与类型划分研究 ——基于节点权重约束网络DEA模型

秦晓楠^{1,2},程钰²

(1. 山东师范大学商学院, 山东 济南 250014; 2. 山东师范大学地理与环境学院, 山东 济南 250014)

摘要:采用 DPSIR 概念模型作为旅游生态安全系统的基本形态,引入网络 DEA 模型测度系统运行效率,从“投入-产出”的研究视角探究旅游生态安全系统内部作用机理。采用结构方程模型对网络 DEA 模型的结构及权重加以限制,构建具有节点权重约束的网络 DEA 评价模型,对主要旅游城市生态安全系统实例进行实证研究。研究结果认为:将生态安全系统分为自然运行阶段、管理反馈阶段2阶段进行效率评价,加权综合得出各旅游城市生态安全系统的综合评价价值,以此为依据将样本城市划分为按系统效率的评价结果将其分划为绿色发展型、稳步发展型、高效发展型、双向提升型和管理能力缺失型,针对各类型旅游城生态安全系统特点提出改善其生态安全系统状况的建议。

关键词:旅游生态安全系统; 旅游城市; 节点权重; 网络DEA模型

中图分类号:F590 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2019)01-0156-08

中国旅游产业经过持续的高速增长,培育了基本的旅游产业结构及市场框架,正步入世界大国水平。然而,环境依托和资源消耗的产业属性决定了旅游地与生态环境之间存在着对立与统一的二元矛盾关系^[1]。随着旅游业的快速发展,其生态环境负面影响的广度和深度不断增加,不仅影响到旅游地生态系统的自身完整性和生态服务功能,还会危及旅游地生态系统安全^[2]。在此背景下,“旅游生态安全”的概念应运而生,作为一种全新的旅游目的地可持续发展的管理目标,是描述旅游地的人地关系系统不受系统内外部不利因素的侵害威胁,能保持并处于持续、健康和完整的状态^[3]。旅游生态安全研究起源于20世纪90年代初,研究者从旅游生态安全的基础理论^[4-6]、动力机制^[7-9]及评价预测^[10-13]视角进行深入研究,针对森林^[14]、湖泊^[15]、城市^[16-18]等特色生态安全系统进行广泛的实证研究。

从目前研究文献看,研究者倾向于逐步明晰和拓展旅游生态安全系统的研究边界,涵盖了社会、经济、旅游产业及自然环境等元素,并提出以“系统融合”的研究视角促使旅游产业与载体系统有机整合,探索旅游产业与国民经济体系的交互作用。在此基础上,如何认知旅游生态安全系统内部的作用机理,探析系统内部的运行过程;分析人类社会对旅游生态安全系统的反馈管理能力,控制并优化旅游产业的发展空间,成为该研究领域的核心课题。鉴于此,一些研究者通过系统仿真^[19,20]、生态足迹^[21]、系统评价^[11-13,22-24]的方法对旅游生态安全系统进行分解整合,以期认知生态安全系统的状况及作用方式。总体来看,尽管旅游生态安全系统研究已经取得一些成果,但仍处在探索阶段。在此,本文尝试从“投入-产出”的研究视角对旅游生态安全系统的作用路径进行贯通整合,表征生态安全系统要素间的交互状

收稿日期:2018-01-09; **修订日期:**2018-05-26

基金项目:教育部人文社科青年项目(16YJC630098)、国家自然科学基金应急管理项目(71640023)、国家博士后基金项目(2017M622268)资助。[Foundation: Young Foundation of Humanities and Social Science of Ministry of Education of China (16YJC630098), China Emergency Management Project of National Natural Science Foundation (71640023), China Postdoctoral Science Foundation (2017M622268).]

作者简介:秦晓楠(1984-),女,山东济南人,讲师,博士,主要从事旅游可持续发展研究。E-mail:sdqinxn@126.com

况,对生态安全系统的作用机理进行阐释与测度。研究以驱动力-压力-状态-影响-响应=概念模型(Driver-Pressure-State-Impact-Response, DP-SIR)概念模型作为旅游生态安全系统的基本形态,并将其分解为自然运行、管理反馈两个运行阶段,引入网络DEA模型测度不同阶段的运行效率,进而认知旅游产业对国民经济体系的影响作用、管理部门对旅游生态安全系统的管理能力。

1 旅游生态安全系统的网络DEA模型的架构

1.1 旅游生态安全系统的基本形态

DPSIR概念模型是通过以往概念模型的扩展及修正,更细化描述生态安全系统的运行过程,并通过5个维度间的因果关系构建复合的系统框架。在此,研究将DPSIR概念模型作为旅游生态安全系统的基本形态,根据中外学者的相关研究成果^[25-27],将系统内部的作用路径提炼成为7组研究假设(图1)。



图1 DPSIR概念模型

Fig.1 DPSIR conceptual model

1.2 网络DEA模型的框架结构

考虑到DPSIR概念模型在系统要素与作用路径提炼的过程中,研究以是否“考虑人类社会的管理能力”为依据将系统运行阶段分为两个截然不同的阶段,进而将网络DEA模型也分解为两个阶段:首先是自然运行阶段,此阶段是构成生态安全系统代谢的必要条件,阐述在不考虑生态安全管理能力时生态安全系统的自然运行状态,反映旅游城市的生产生活行为对生态环境系统的依存关系及影响。其次是管理反馈阶段,DPSIR概念模型中引入“响应要素”,将人类社会对生态安全系统的管理能力的综合汇总,把生态安全系统的“链式”作用路径转化为“闭合”的循环结构,反映出旅游行业对生态安全系统的自主的、积极的管理能力。两个作用阶段的具体框架如下所述:

1) 自然运行阶段。该运行阶段主要包含

D-P、P-S、S-I共3条作用关系链,包含3个网络节点,并将4个系统要素分布在3个节点之中。其中,生产节点反映了旅游城市的经济社会发展、旅游产业发展引起的能源消耗量及污染物排放量,是以驱动力要素为投入变量,以压力要素为产出变量。冲击节点是指压力要素造成的生态环境变化引起的自然生态系统恶化,以压力要素作为投入指标,状态要素作为产出指标。影响节点反映了生态环境的变化对旅游产业的发展状况、生态系统的服务能力产生的综合影响,是以状态要素为投入指标,影响要素为产出指标。

2) 管理反馈阶段。该阶段包含I-R、R-S、R-P、R-D这4条因果关系路径。研究将该作用链条分解成为两个节点:首先为拉动节点,反映旅游产业发展状况的变化、生态环境服务能力的变化对旅游城市响应措施的激发作用,以影响要素为投入变量,以驱动力要素、压力要素及状态要素为产出变量。其次为反馈节点,反映了当前生态管理措施达到的实际功效,以响应要素为投入变量,以驱动力、压力、状态3个要素为产出变量。

2 基于节点权重约束的网络DEA评价模型

传统DEA研究方法是将“投入-产出”系统作为一个黑箱,分析最初的投入、最终产出之间的转化效率。而网络DEA模型对简单的DEA黑箱结构进行拓展,深入分析系统内部的运行结构,在考虑决策单元内部子系统运作过程的前提下来考虑决策单元的相对有效性。研究者提出了不同的网络DEA模型的测算方法^[28-30]。本文采用Max-DEA6.0软件测算两个网络DEA模型的效率值,该软件主要参考Tone与Sharp的研究,给出DEA网络结构模型的一般计算方法^[31]。

在此基础上,本文进一步改善模型中网络节点权重的设置方法。从现有文献看,研究者在设定网络DEA模型的节点权重时,往往借助于自身经验或者专家评分的方式,使得节点权重设定的主观性较强^[32-34]。而在面向不同的生态安全系统时,其系统的作用路径对综合效率的影响程度不同,各个节点的权重也呈现出相应的差异性。鉴于此,研究引入结构方程模型对DPSIR概念模型进行数量化表征,揭示不同的生态安全系统内部的结构差异,进而确定不同的节点权重。研究采

用结构方程模型对生态安全系统的7条作用路径进行验证与测度,计算各个作用路径的影响力度。依据上述提出的网络DEA模型框架结构,整合各个网络节点所包含作用路径的影响力度,测度出各个网络节点在整个生态安全系统中的重要程度,作为网络DEA模型的节点权重。

$$\lambda_s^k = \sum_{i=1}^n p_s^i / \sum_{i=1}^m p_s^i$$

且满足 $\sum_{k=1}^n \lambda_s^k = 1$ 。式中, λ_s^k 为第 s 个阶段第 k 个节点权重; n 为每个作用阶段的节点数。生态安全系统分解为 s 个阶段,每个阶段有 m 条作用路径, p_s^i 为第 s 个阶段内的第 i 条路径系数;同时,每个阶段有 n 个节点,各个节点包含 w 条作用路径。

3 实证研究

3.1 研究对象选取及数据收集

研究以中国省域划分作为区域旅游产业的基本单位,依据旅游收入与旅游人数两个统计数据对各城市的旅游产业发展状况进行综合考量,选取30个主要的旅游城市作为研究对象(不含港澳台、西藏数据),包含北京、上海、天津、福州、广州、海口、杭州、南京、青岛、大连、石家庄、长春、长沙、哈尔滨、合肥、呼和浩特、南昌、南宁、太原、武汉、郑州、贵阳、昆明、兰州、乌鲁木齐、西安、西宁、银川、重庆、成都。同时,研究提炼相关文献中采用的高频、经典的生态安全评价指标,并结合旅游产业化特征,增加相应的评价指标,构建出旅游城市生态安全系统的评价指标体系(表1)。

3.2 系统结构的修正及节点权重的计算

在DPSIR概念模型初始框架的基础上,引入结构方程模型中的偏小二乘法的建模方法,测度生态安全系统内的因果关系路径及作用系数。本文对模型变量进行信度检验与效度检验,分别采用采用克隆巴哈 α 值(Cronbach' α)进行一致性信度检验;采用合成信度(Composite Reliability, CR)进行组合信度检验;采用平均提取方差值(AVE)进行内敛效度检验(表2),可看出整个模型完全通过上述3项检验^[35]。研究采用Visual-PLS软件的Bootstrap算法,对DPSIR概念模型进行路径检验,用T检验对系统中7条研究假设进行验证(表3)。

依据系统路径检验的研究结论,中国旅游城市生态安全系统的DPSIR概念模型中,“响应R”

表1 中国旅游城市生态安全系统评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of tourist urban ecological security system in China

评价维度	序号	具体评价指标
驱动力	D1	人口自然增长率
	D2	人口密度
	D3	人均国民生产总值
	D4	国民生产总值增长率
	D5	旅游人数增长率
	D6	旅游收入增长率
压力	P1	开发指数
	P2	人均生活用电量
	P3	单位GDP能源消耗
	P4	万元GDP废水排放量
	P5	万元GDP用水量
	P6	旅游交通压力
	P7	旅游空间指数
	P8	游客密度指数
状态	S1	建成区绿化覆盖率
	S2	空气质量达到二级以上天数
	S3	噪声达标区覆盖率
	S4	旅游资源质量
	S5	旅游者人均资源占有量
	S6	旅游产业与环境系统协调度
	S7	旅游产业与社会系统协调度
	S8	旅游产业与经济系统协调度
影响	I1	旅游者人均消费
	I2	旅游者停留天数
	I3	饭店床位出租率
	I4	饭店平均房价
	I5	百元饭店业固定资产投资的营业收入
	I6	城市居民旅游消费
响应	R1	旅游从业人员素质状况
	R2	旅游交通支撑能力
	R3	环境污染治理投资额占GDP比例
	R4	教育支出占GDP比例
	R5	城市生活污水处理率
	R6	生活垃圾无害化处理率
	R7	工业废水达标排放率

注:部分评价指标的释义:P1=旅游城市被开发利用面积占城区总面积的比率;P6=年旅游城市的旅游人数与城市客运总量的比值;P7=年旅游者人数与旅游城市总面积的比值;P8=年游客人数与当地居民人数的比值;S6=旅游收入增长率与环境污染损失增长率的比值;S7=旅游就业人数的增长率与旅游城市就业人数增长率的比值;S8=旅游收入增长率与国民生产总值增长率的比值;R2=交通路线里程数与旅游城市公园绿地总面积的比值;不含港澳台、西藏数据。

表2 信度检验和效度检验

Table 2 Reliability and validity test

潜变量	CR	Cronbach' α	AVE
D	0.8732	0.6019	0.5007
P	0.8986	0.6793	0.5040
R	0.9057	0.6512	0.4975
S	0.8793	0.6339	0.5011
I	0.8803	0.8086	0.5085

表3 作用路径的假设检验

Table 3 Hypothesis testing of action paths

因果关系假设	接受 与否	t值	路径 系数
H1: D→P 驱动力对压力起到正向作用	是	2.667	0.691
H2: P→S 压力对状态起到负向作用	是	-3.503	-0.557
H3: S→I 状态对影响起到负向作用	是	-7.177	-0.549
H4: I→R 影响对响应起到正向作用	是	26.605	0.851
H5: R→D 响应对驱动力起到正向作用	是	15.564	0.720
H6: R→P 响应对压力起到负向作用	否	-0.137	-0.026
H7: R→S 响应对状态起到正向作用	是	8.178	0.644

对“压力P”的负向作用没有通过检验,其他的6组因果关系通过检验。在上述研究的基础上,对中国旅游城市生态安全系统的结构框架进行修正,并藉由验证过的结构作为网络DEA模型的基本框架,并用系统路径系数计算出网络DEA模型节点权重。并根据上述作用路径系数的测度结果,将系统因果关系作用系数代入公式(1)进行计算,分别测度出“自然运行阶段”“管理反馈阶段”中各个节点的权重值。同时,研究将旅游城市生态安全系统视为一个完整的模型,计算出每条节点的权重系数(表4)。

表4 网络节点权重

Table 4 Weights of the network nodes

	自然运行阶段	管理反馈阶段	总体系统
生产节点	0.3845	-	0.1722
冲击节点	0.3100	-	0.1388
影响节点	0.3055	-	0.1368
自然运行阶段权值			0.4479
拉动节点	-	0.3842	0.2121
反馈节点	-	0.6158	0.3401
管理反馈阶段权值			0.5521

注:-为空值。

3.3 旅游城市生态安全系统网络DEA模型的测度
研究将“自然运行阶段”“管理反馈阶段”视为

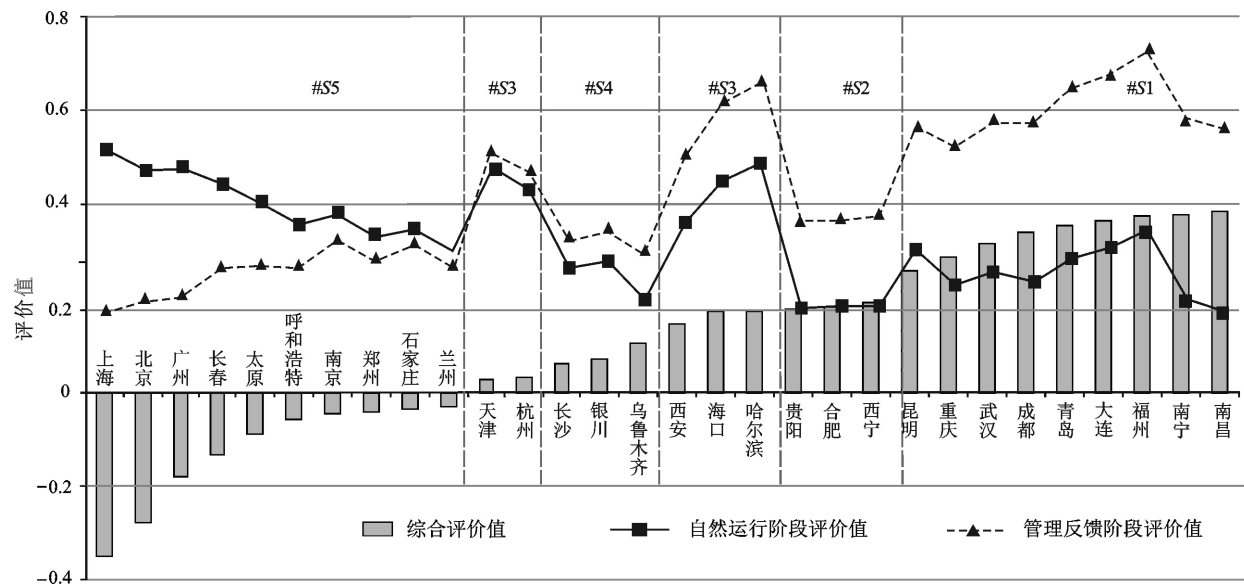
两个独立的网络DEA模型,运用MaxDEA6.0作为评价软件,测度旅游城市生态安全系统的自然运行阶段的评价值、管理反馈阶段的评价值。由于研究构建的指标体系是由35个具体指标构成,超出DEA模型能够容纳变量的数量。因此,研究采用主成分分析方法对生态安全评价指标体系进行降维,针对5个系统要素分别测算出各自的综合值,将其作为MaxDEA6.0软件的输入数据。

同时,为表征城市管理能力干预下的各个旅游城市生态安全系统的综合运行状况,研究对“自然运行阶段”和“管理反馈阶段”两阶段影响进行加权综合。根据研究对旅游生态安全系统要素间作用关系的测度结果,“自然运行阶段”描述旅游城市发展对生态环境产生的负面干扰作用,其权值为“生产节点”“冲击节点”“影响节点”在总体系统的权值之和(-0.447 9)。相对的,“管理反馈阶段”是表征生态安全系统的管理措施,对整个生态安全系统产生积极的、正向的作用。其权值为“拉动节点”“反馈节点”在总体系统的权值之和(0.552 1)。在此基础上对“自然运行阶段”“管理反馈阶段”两个阶段的效率值进行加权综合,计算每个旅游城市生态安全系统的综合评价值。在此,研究将具体评价数据进行可视化(图2)。

3.4 结果分析

研究分析生态安全系统综合评价值、分阶段效率值的分布状况,进而将中国旅游城市生态安全系统分为5种类型:绿色发展型、稳步发展型、高效发展型、双向提升型、管理能力缺失型,并针对各个类型的旅游城市生态安全系统进行剖析评价,提出改善其生态安全系统状况的策略建议(图2)。

1) “绿色发展型”旅游城市生态安全系统。该类型旅游城市包含南昌、南宁、福州、大连、青岛、成都、武汉、重庆、昆明9个城市。这类型生态安全系统自然运行阶段效率值偏低,管理反馈阶段效率值较高,说明该类型旅游城市经济社会发展对生态环境带来的冲击、压力相对较低,并执行高效的生态安全系统的管理措施,促使其生态安全系统不断优化改善。综合来看,该类型旅游城市基本上不属于中国传统的旅游城市,是依赖其独特的旅游资源促进其旅游市场的拓展与旅游产业的发展,逐渐成为新兴的热点旅游城市。在维持高效、繁荣的发展势头的同时,这些城市也控制着经济社会发展对生态环境的干扰作用,培育出



#S1~#S5 分别为绿色发展型、稳步发展型、高效发展型、双向提升型、管理能力缺失型;不含港澳台、西藏数据

图2 中国旅游生态安全系统的分类状况

Fig.2 Classification of tourism ecological security system in China

优越的生态安全系统管理能力。该类旅游城市的生态安全系统处于成熟、健康的运行状态,引领中国旅游城市生态安全系统的最佳演化方向。

2) “稳步发展型”旅游城市生态安全系统。该类型旅游城市包含贵阳、合肥、西宁3个城市,其系统的综合效率值略低于“绿色发展型”旅游城市。同时,自然运行阶段的效率值显著低于其他旅游城市,其旅游产业对生态安全系统的干扰作用较弱,也反映出这些城市的旅游产业刚刚起步,其发展水平较低。然而,这些城市的管理反馈阶段的效率值较高,接近于该效率值的平均值,并显著高于自然运行的效率值,说明这些城市的旅游产业走可持续发展道路,拥有较强的响应能力,能够持续支撑该城市旅游产业的发展崛起。因此,该类型城市后续发展的核心在于迅速提升经济社会发展水平,增强其旅游产业的竞争力,推进其生态安全系统的演化发展。

3) “高效发展型”旅游城市生态安全系统。该类型旅游城市包含天津、杭州、西安、海口、哈尔滨5个城市。这类型旅游城市生态安全系统的分阶段评价价值均相对较高,并且两条曲线较为接近,反映出该类型城市展对生态安全系统产生显著冲击,也采取较强的管理措施维护生态系统的稳定。总之,这类型旅游城市呈现出积极、高效的发展态势,并与生态环境协同发展、和谐共存。对比

“绿色发展型”旅游城市和“高效发展型”旅游城市,其生态环境所承受的干扰较高,是其系统存续与发展的短板所在。这也指明了改善其系统状况的有效路径:该类型旅游城市应着重于缓解其生态环境受到的冲击和压力,从源头上遏制生态安全系统的恶化趋势,转变产业发展模式,降低产业发展的环境成本,从根本上改善其生态安全系统的综合状况。

4) “双向提升型”旅游城市生态安全系统。该类型旅游城市包含长沙、银川、乌鲁木齐3个城市,其系统的综合效率值相对较低,自然运行的效率值、管理反馈阶段的效率值非常接近,表明该类型旅游城市的经济社会发展相对滞后,对生态安全系统的干扰作用较弱,且其生态安全系统管理能力也相对较低,难以维护生态环境的状况。综合来看,该类型旅游城市尚处于起步、发展阶段,应持续提升经济社会发展水平,加强旅游产业基础设施建设,优化城市旅游服务职能。同时,其生态安全响应能力也基本饱和,难以满足城市的后续发展。因此,在提升自身发展水平的同时,该类型旅游城市应相对的增加生态环保策略的制定,对生态安全系统进行全面干预及管理,探索旅游城市经济、社会及自然系统和谐发展模式。

5) “管理能力缺失型”旅游城市生态安全系统。该类型旅游城市包含上海、北京、广州、长春、

太原、呼和浩特、南京、郑州、石家庄、兰州10个城市。这类型生态安全系统的自然运行阶段的效率值远远大于管理反馈阶段的效率值,从而导致生态安全系统的综合评价均小于零,反映其生态安全系统呈现出持续恶化的趋势。综合来看,这些旅游城市均是中国的区域中心城市,高强度的旅游产业行为对其生态系统产生了较强的冲击和压力。而且这些旅游城市的生态安全系统管理能力也较低,难以缓解生态系统承受的负面影响。因此,该类型旅游城市亟待理清旅游者活动和旅游开发建设对其生态资源和生态环境的影响,降低经济社会发展对生态系统的冲击,改善自然环境状况。同时,该旅游城市应增强旅游产业与城市经济社会发展的关联,提升旅游产业的贡献能力,进而实现旅游城市和旅游业的可持续发展。

4 结论

研究对旅游生态安全系统的基本形态进行分析,将其分为自然运行阶段、管理反馈阶段,并引入网络DEA模型对两个阶段的运行效率进行研判,从而探究旅游产业发展对载体区域生态安全系统的冲击影响,并认知旅游城市对生态安全系统的控制及管理能力。一方面,研究引入DPSIR概念模型作为旅游生态安全系统的基本框架,结合中国30个主要旅游城市的研究数据(无港澳台及西藏地区数据),引入结构方程模型对系统内部的作用关系进行验证和测度。研究发现DPSIR概念模型的研究框架并不是普适的,“响应R”对“压力P”的负向作用没有通过检验,而其他6条作用路径均呈现较强的影响作用。另一方面,研究依据验证过的旅游城市生态安全系统框架,将生态安全系统分为“自然运行阶段”“管理反馈阶段”,构建出两个具有节点权重约束的网络DEA模型,分别测度两个阶段的运行效率,从而分析旅游产业的影响作用,认知城市对生态安全系统的管理能力。结果表明中国旅游城市生态安全系统的运行状态呈现出较强的区域差异性,可以将30个样本城市可以为绿色发展型、稳步发展型、高效发展型、双向提升型和管理能力缺失型5种类型。根据样本城市生态安全系统综合评价结果和类型划分,需要从旅游地开发活动、旅游地资源环境和制度建设等方面提出改善其生态安全系统状况的策略建议。

参考文献(References):

- [1] 庞闻,马耀峰,唐仲霞.旅游经济与生态环境耦合关系及协调发展研究——以西安市为例[J].西北大学学报(自然科学版),2011,41(6):1097-1101+1106.[Pang Wen, Ma Yaofeng, Tang Zhongxia. The coupling relationship and coordinated development between tourism economy and ecological environment: A case study of Xi'an City. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2011, 41(6): 1097-1101+1106.]
- [2] 周彬,钟林生,陈田.浙江省旅游生态安全的时空格局及障碍因子[J].地理科学,2015,35(5):599-607. [Zhou Bin, Zhong Linsheng, Chen Tian. Spatio-temporal pattern and obstacle factors of ecological security of tourism destination: A case of Zhejiang Province. Scientia Geographica Sinica, 2015, 35(5): 599-607.]
- [3] 章锦河,张捷,王群.旅游地生态安全测度分析——以九寨沟自然保护区为例[J].地理研究,2008,27(2):449-458. [Zhang Jinhe, Zhang Jie, Wang Qun. Measuring the ecological security of tourist destination: Methodology and a case study of Jiuzhaigou. Geographical Research, 2008, 27(2): 449-458.]
- [4] 吕君.旅游生态安全思想的缘起及其安全状态诊断[J].内蒙古财经学院学报,2007(5):35-38. [Lv Jun. The origin and the diagnosis of tourism ecological security theory. Journal of Inner Mongolia Finance and Economics College, 2007(5): 35-38.]
- [5] 李雪.国内外旅游生态安全与预警研究综述[J].中国旅游评论,2016(4):95-104. [Li Xue. A comprehensive discussion on tourism ecological safety and early warning at home and abroad. China Tourism Review, 2016(4): 95-104.]
- [6] 彭保发,郑俞,刘宇.耦合生态服务的区域生态安全格局研究框架[J].地理科学,2018,38(3):361-367. [Peng Baofa, Zheng Yu, Liu Yu. Coupling ecosystem services and regional ecological security pattern. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(3): 361-367.]
- [7] 李细归,吴清,周勇.中国省域旅游生态安全时空格局与空间效应[J].经济地理,2017,37(3):210-217. [Li Xigui, Wu Qing, Zhou Yong. Spatio-temporal pattern and spatial effect of Chinese provincial tourism eco-security. Economic Geography, 2017, 37(3): 210-217.]
- [8] 吕君,于相贤,刘丽梅.旅游发展生态安全的动力学机制探讨[J].干旱区资源与环境,2009,23(4):146-149. [Lv Jun, Yu Xiangxian, Liu Limei. Dynamic mechanism of ecological security in tourism development. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, 23(4): 146-149.]
- [9] 唐呈瑞,逮承鹏,杨青.东北老工业区生态安全动态演变过程及驱动力[J].生态学报,2017,37(22):7474-7482. [Tang Chengrui, Lu Chengpeng, Yang Qing. Dynamic evolution and driving forces of ecological security in the traditional industrial area of Northeastern China. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(22): 7474-7482.]
- [10] 刘辛田,高玉泉.旅游生态足迹动态变化与可持续发展评价与实证[J].统计与决策,2013(18):61-63. [Liu Xintian, Gao Yuquan. Dynamic change of tourism ecological footprint and evaluation and demonstration of sustainable development. Statistics & Decision, 2013(18): 61-63.]

- [11] 徐美,刘春腊,李丹,等.基于改进TOPSIS-灰色GM(1,1)模型的张家界市旅游生态安全动态预警[J].应用生态学报,2017,28(11):3731-3739.[Xu Mei,Liu Chunla,Li Dan et al. Tourism ecological security early warning of Zhangjiajie China based on the improved TOPSIS method and the grey GM (1,1) model. Chinese Journal of Applied Ecology,2017,28(11):3731-3739.]
- [12] 贾铁飞,冯亚芬.生态脆弱地区旅游资源开发的生态安全评价——以内蒙古鄂尔多斯市为例[J].干旱区资源与环境,2012,26(5):187-193.[Jia Tiefei,Feng Yafen. Ecological security assessment on tourism resources development in ecological fragile district. Journal of Arid Land Resources and Environment,2012,26(5):187-193.]
- [13] 张鹏,郑垂勇,田泽.我国主要旅游城市生态安全评价及差异分析[J].科技管理研究,2009,29(7):141-144. [Zhang Peng,Zheng Chuiyong,Tian Ze. Ecological security evaluation and difference analysis of major tourist cities in China. Science and Technology Management Research,2009,29(7):141-144.]
- [14] 郑永贤,薛菲,张智光.森林旅游景区生态安全IRDS模型实证研究[J].资源科学,2015,37(12):2350-2361. [Zheng Yongxian,Xue Fei,Zhang Zhiguang. Ecological security measurement using the IRDS model in forest scenic spots. Resources Science,2015,37(12):2350-2361.]
- [15] 高家骥,李雪铭,张峰.南四湖湖泊湿地生态环境预警研究[J].地理科学,2016,36(8):1219-1226. [Gao Jiaji, Li Xueming,Zhang Feng. Early warning of wetland eco-environmental in Nansihu Lake. Scientia Geographica Sinica,2016,36(8):1219-1226.]
- [16] 周彬,虞虎,钟林生,等.普陀山岛旅游生态安全发展趋势预测[J].生态学报,2016,36(23):7792-7803. [Zhou Bin,Yu Hu,Zhong Linsheng et al. Developmental trend forecasting of tourism ecological security trends: The case of Mount Putuo Island. Acta Ecologica Sinica,2016,36(23):7792-7803.]
- [17] 徐美,刘春腊.张家界市旅游生态安全评价及障碍因子分析[J].长江流域资源与环境,2018,27(3):605-614. [Xu Mei,Liu Chunla. Tourism ecological security evaluation and obstacle factors analysis of Zhangjiajie. Resources and Environment in the Yangtze Basin,2018,27(3):605-614.]
- [18] Li Yajuan,Chen Tian,Hu Jing et al.Tourism ecological security in Wuhan.Journal of Resources and Ecology,2013,4(2):149-156.
- [19] 鲁莎莎,郭丽婷,陈英红.北京市森林生态安全情景模拟与优化调控研究[J].干旱区地理,2017,40(4):787-794. [Lu Shasha,Guo Liting,Cheng Yinghong. Simulation and optimization of forest ecological security of Beijing: An application of system dynamics model. Arid Land Geography,2017,40(4):787-794.]
- [20] 刘国华.西南生态安全格局形成机制及演变机理[J].生态学报,2016,36(22):7088-7091. [Liu Guohua. Formation and evolution mechanism of ecological security pattern in Southwest China. Acta Ecologica Sinica,2016,36(22):7088-7091.]
- [21] 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 Zhiguo, Chen Tian,Yin Shoubing et al. Regional tourism eco-efficiency model and an empirical research of Hainan Province. Scientia Geographica Sinica,2016,36(3):417-423.]
- [22] 张洪,王安琦,宋贝扬.基于OWA的大理市土地生态安全评价研究[J].地理科学,2017,37(11):1778-1784. [Zhang Hong,Wang Anqi,Song Beiyang.Evaluation of land ecological security in Dali City based on OWA. Scientia Geographica Sinica,2017,37(11):1778-1784.]
- [23] 程鹏,黄晓霞,李红脊,等.基于主客观分析法的城市生态安全格局空间评价[J].地球信息科学学报,2017,19(7):924-933. [Cheng Peng,Huang Xiaoxia,Li Hongga et al. The spatial evaluation of urban ecological security pattern based on subjective and objective analysis. Journal of Geo-Information Science,2017,19(7):924-933.]
- [24] 傅强,顾朝林.基于生态网络的生态安全格局评价[J].应用生态学报,2017,28(3):1021-1029. [Fu Qiang,Gu Chaolin. Delineation of ecological security pattern based on ecological network. Acta Ecologica Sinica,2017,28(3):1021-1029.]
- [25] European Environment Agency. Halting the loss of biodiversity by 2010: Proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe[C]//European Environment Agency. Copenhagen: European Environment Agency,2005.
- [26] Bowen R E, Depledge M H. Rapid assessment of marine pollution (RAMP) [J]. Marine Pollution Bulletin, 2015,53(10-12): 631-639.
- [27] Tscherning K, Helming K, Krippner B et al. Does research applying the DPSIR framework support decision making?[J]. Land Use Policy, 2016, 29(1): 102-110.
- [28] Tone K, Tsutsui M. Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach[J]. Omega-International Journal of Management Science, 2014, 42(1): 124-131.
- [29] 魏权龄,庞立永.链式网络DEA模型[J].数学的实践与认识,2010(1): 213-222.[Wei Quanling,Pang Liyong.Chain network DEA model. Mathematics in Practice and Theory, 2010(1): 213-222.]
- [30] 成刚.数据包络分析方法与MaxDEA软件[M].北京:知识产权出版社,2014.[Cheng Gang. Data envelopment analysis and MaxDEA software[M].Beijing: Intellectual Property Publishing House,2014]
- [31] Giupponi C. Decision support systems for implementing the european water framework directive: The MULINO approach[J]. Environmental Modelling & Software, 2014, 22(2): 248-258.
- [32] 任胜钢,张如波,袁宝龙.长江经济带工业生态效率评价及区域差异研究[J].生态学报,2018,38(15):1-12. [Ren Shenggang, Zhang Rubo,Yuan Baolong. Industrial eco-efficiency evaluation and regional differences of Yangtze River Economic Belt. Acta Ecologica Sinica,2018, 38(15):1-12.]
- [33] 邹玮,孙才志,覃雄合.基于Bootstrap-DEA模型环渤海地区海洋经济效率空间演化与影响因素分析[J].地理科学,2017,37(6):859-867. [Zou Wei,Sun Caizhi,Qin Xionghe. Spatial evolution of marine economic efficiency and its influential factors in Bohai Sea Ring Area based on bootstrap-DEA Model. Scientia Geographica Sinica,2017,37(6):859-867.]

- [34] 沙梦一,甄苓,谭俊艳,等.基于网络DEA供应链效率评价[J].数学的实践与认识,2017,47(21):8-16. [Sha Mengyi,Zhen Ling,Tan Junyan et al. Supply chain efficiency evaluation based on network DEA. Mathematics in Practice and Theory,2017,47(21):8-16.]
- [35] 刘建国,张妍,黄杏灵.基于感知情境的北京不同类型旅游景区

游客满意度研究[J].地理科学,2018,38(4):564-574. [Liu Jianguo,Zhang Yan,Huang Xingling. Tourism satisfaction of different types of tourist attractions in Beijing based on perceived situation. Scientia Geographica Sinica,2018,38(4):564-574.]

Evaluation and Type Classification on Chinese Tourist Urban Ecological Security System: Based on the Network DEA Model with Node Weight

Qin Xiaonan^{1,2}, Cheng Yu²

(1. Business School, Shandong Normal University, Jinan 250014, Shandong, China; 2. College of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, Shandong, China)

Abstract: This research takes the DPSIR concept model as the basic form of tourism ecological security system aimed to explore the internal mechanism of tourism ecological security system, and analyzes the social feedback management ability of tourism ecological safety system. Based on the theoretical framework of the DP-SIR conceptual model and the characteristics of the tourist cities, it defines the 5 elements of tourist city ecological security system (driving force, pressure, state, impact and response) and analyzes 7 relationships among those five elements. And then, it analyzes the characteristics of 4 subsystems of tourist urban ecological security system (economy, society, natural environment and tourist industry), extracts the specific indexes of the five elements, and constructs the corresponding evaluation index system. And it decomposes tourism ecological security system into 2 step stages, named as natural operation stage, management feedback stage and employs the network DEA model to explore the efficiency of different stages and the integrated situation of the whole system from the perspective of 'input-output'. To enhance the applicability of the network DEA model, this article employs the structural equation model to identify the frameworks of tourist ecological security system, limit the structures and nodes weight of the assessment model and build the network DEA model with nodes weight. The article is the measure and evaluation of ecological security system of Chinese main tourist cities. This article selects 30 tourist cities (excluded those in Hong Kong, Macau, Taiwan and Tibet) as the study objects, and adopts the above proposed system evaluation model of tourist urban ecological security, combined with the empirical data of 30 cities to evaluate their tourist urban ecological security systems. According to the result of the quantitative relationship among systemic elements, the negative effect of 'R' to 'P' is failed to be supported, which indicates response measures of those tourist cities have still been lack of efficacy to alleviate the dissipation of pollutants and the impact to environment. The positive effects of 'R-D' and 'R-S' reflect that response measures could maintain the state of ecological security system and improve the economic and social development. According to research result of compressive evaluation of tourist urban ecological security system, this article evaluates the efficiency values of 'natural operation stage' and 'management feedback stage', and makes the integration of two efficiency values to get the comprehensive evaluation values of various tourist urban ecological security systems. Based on the comprehensive evaluation values and the two stages' evaluation values, those 30 major tourist cities are divided into five kinds of basic categories, which are 'green development type', 'steady development type', 'high efficient development type', 'two-way promotion type' and 'management ability lack type'. And then, it identifies the characteristics of these 5 types and puts forward to the targeted strategy suggestions of improving various types of tourist urban ecological security systems.

Key words: tourism ecological security system; tourist city; node weight; network DEA model