

中图分类号 F592.7 文献标志码 A 文章编号 1006-575(2020)02-0023-18

DOI:10.16323/j.cnki.lykx.2020.02.002

城市旅游环境系统韧性的系统动力学研究—— 以兰州市为例

杨秀平^{1,*} 贾云婷¹ 翁钢民² 李亚兵¹ 牛晶¹

(1.兰州理工大学经济管理学院,甘肃兰州 730050;

2.燕山大学经济管理学院,河北秦皇岛 066004)

摘要:实现城市旅游环境系统保护与城市旅游发展双赢是我国城市管理面临的重点问题,是城市旅游可持续发展的创新途径,旅游环境系统韧性是实现城市旅游可持续发展目标的途径之一。本文将韧性理论应用于城市旅游环境系统研究,有助于解决旅游环境系统稳定发展需求与城市旅游不确定性干扰之间的矛盾。首先,本文界定了城市旅游环境系统韧性的内涵,明确了城市旅游环境系统韧性的研究对象与范围;其次,从自然、经济、社会三方面分析城市旅游环境系统韧性的构成因素,探讨指标的稳定性、敏感性与适应性特征,构建城市旅游环境系统韧性指标体系;再次,采用熵值法对指标体系客观赋权重,利用系统动力学的信息反馈性特征,构建了“现状延续型”“经济优先型”“生态保护型”等多情景下的城市旅游环境系统韧性的仿真模型;最后,以兰州市为例测度该城市旅游环境系统韧性。对城市旅游环境系统韧性的量化研究为旅游目的地规划提供了重要参考依据,有利于提升旅游环境系统的恢复与适应能力,构建“宜居、宜业、宜游”的韧性旅游目的地。

关键词:旅游环境系统;韧性;系统动力学;兰州市

收稿日期:2019-06-12; 修订日期:2020-04-07

基金项目:国家自然科学基金项目“区域城市旅游环境系统韧性的理论、方法与应用研究”(41961020);国家自然科学基金青年基金项目“核心主体需求视角下区域旅游环境承载力研究”(41501597);甘肃省高等学校创新能力提升项目“甘肃省中心城市旅游环境承载力提升研究”(2019A-022);兰州理工大学博士启动基金项目(061901);兰州理工大学红柳一流学科扶持方向“管理决策理论、方法与应用”建设项目(225301)。

作者简介:杨秀平(1979-),女,博士,兰州理工大学经济管理学院副教授,研究方向为旅游环境系统分析,E-mail:yangxp789@163.com。贾云婷(1995-),女,兰州理工大学经济管理学院硕士生。翁钢民(1963-),男,博士,燕山大学经济管理学院教授,博导,研究方向为区域旅游环境管理。李亚兵(1973-),男,博士,兰州理工大学经济管理学院教授,研究方向为人文地理。牛晶(1980-),女,兰州理工大学经济管理学院讲师,研究方向为管理决策与系统分析。

*通讯作者。

0 引言

旅游的成长对旅游环境系统的需求与不平衡、不充分的旅游环境系统供给之间的矛盾日益突出,旅游环境问题的出现严重威胁着以城市为代表的旅游目的地的可持续发展。旅游环境系统面临的压力具有多诱因、危害大、复杂性、不确定性等特征,由此容易导致灾害发生且连锁效应增大。城市在旅游活动中扮演着多重角色,是旅游活动的客源地、集散地与目的地。随着可持续城市理论研究的逐步升温,韧性城市成为一种新的城市可持续化发展途径(Sanchez et al., 2018),提高城市韧性也有助于城市旅游的可持续发展。旅游环境系统面对压力时急需实施韧性管理,城市旅游环境系统韧性问题有待深入研究。

2017年12月,联合国开发计划署在可持续发展目标与韧性城市建设论坛中指出,“针对中国的韧性城市研究刚刚起步的现状,建设有中国特色的韧性城市,形成中国经验向全球传播。同时,建设包容、安全、有韧性的可持续城市和人类住区是联合国2030年可持续发展议题中的重要目标之一”^①。习近平总书记在十九大报告中提出,实现人与自然的和谐共生,关注生态环境治理,打好污染防治攻坚战,保持并加强生态文明建设的战略定力,加大生态系统保护力度,探索以生态优先、绿色发展为导向的高质量发展的新路子^②。提高城市系统面对不确定性因素的响应与适应能力(Dey et al., 2018; Vučetić, 2018),提升目的地旅游环境系统的韧性,建设有中国特色的韧性旅游城市,增强民众幸福感(赵冬月等, 2016),是一个兼具理论需要与现实需要的新课题。

1 文献综述

1.1 韧性研究综述

“韧性(Resilience)”一词来源于物理学。19世纪中叶,伴随着西方工业化发展进程,“韧性”概念被广泛应用于机械工程学,用于描述金属在外力作用下恢复原状的能力,与之相关联的是刚性与弹性概念(Ray et al., 2018)(见图1)。20世纪50年代至20世纪80年代,加拿大生态学家霍林将其引入生态学研究领域,用于描述生态系统在遭受不同类型冲击时维持系统稳定状态的特征(Holling, 1973)。20世纪90年代以后,韧性研究从自然生态领域向人类生态领域拓展,2001年“9·11”事件、2005年卡特里娜飓风事件等(Bruijin et al., 2017),激发了研究者、政府机构开始从经济、社会、生态、防灾等角度对韧性城市进行探讨,为韧性城市理论的研究奠定了

① 搜狐网. 联合国开发计划署:加快建设中国“韧性城市”[EB/OL]. (2017-12-23). https://www.sohu.com/a/212285017_313745.

② 新华网. 中共中央国务院:关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见[EB/OL]. (2018-06-16). http://www.xinhuanet.com/politics/2018-06/24/c_1123028598.htm.

基础(邵亦文等,2015)。21世纪以来,韧性城市理论以可持续性、前瞻性和系统性为指导,成为城市发展的重要理念之一(彭翀等,2018)。打造韧性城市成为英美等国家城市规划和地理学研究的热点(钱少华等,2017)。国内外研究者对韧性的研究主要集中在韧性的内涵研究、量化研究、应用研究等方面。

韧性的内涵研究经历了以系统功能保持状态的工程韧性、波动状态下系统延续能力的生态韧性、文脉背景下系统适应能力的演化韧性3个阶段,逐步形成了对韧性的混沌特征(Pizzo,2015)、适应性循环特点(Dacoudi et al.,2012)的认同,并指出适应性循环的混沌模型具有强健性与迅速性特征(Lu et al.,2013)。当今学术界对韧性内涵的界定相对广泛(Jabareen,2013;邵亦文等,2015;Bruijin et al.,2017;彭翀等,2018),缺乏对城市旅游环境系统韧性明确且具有操作性的内涵阐释,阻碍了城市旅游环境系统韧性在实践中的应用。

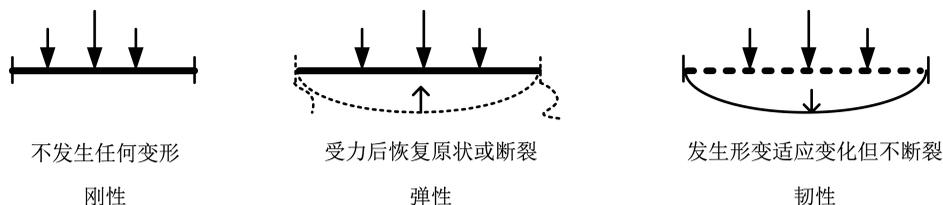


图1 刚性、弹性、韧性内涵解析图

在韧性的量化研究上,代表性的研究方法有韧性联盟的定性分析工作手册、联合国环境署提出的韧性评价框架(O'Connell et al.,2015)、韧性的结构方程模型(Renald et al.,2016)、地理空间系统与遥感技术(孙阳等,2017;李亚等,2017)、致灾韧性等级划分(郑艳等,2017)、韧性影响的网格结构(彭翀等,2018)等。目前城市韧性的指标体系逐渐丰富,从传统对自然环境刚性指标的研究转向对自然、经济、社会等环境综合指标的探讨,有研究者提出在城市韧性指标构建中应关注多主体利益,促使多主体和谐共生(陈利等,2017)。城市韧性评价的指标庞杂,缺乏有归纳能力的量化模型来统筹指标参数与相关信息。通过对城市旅游环境扰动因素的分析及对城市旅游环境系统韧性特征的细化,设计具有科学性和操作性的城市旅游环境系统韧性评价指标,成为旅游环境系统韧性测度中的一大难题。

在韧性理论的应用研究上,国内外研究者对湿地(Li et al.,2014)、海洋(Rescia et al.,2010)、自然保护区(Colding,2007)等生态系统(Jabareen,2015)的灾害问题进行韧性研究,针对社区(Desouza et al.,2013)、城市(郑艳等,2017;Jabareen,2013;Tumini et al.,2017)、区域(孙阳等,2017)等空间尺度韧性的研究逐步丰富,并呈现出点、线、面的空间研究格局。随着韧性理论与实践的相继展开,关注旅游环境问题,实现城市旅游环境系统保护与城市旅游发展的双赢是我国城市管理面临的重点问题,展开以城市为代表的旅游环境系统韧性的案例分析与定性分析十分必要。

1.2 系统动力学研究综述

系统动力学(System Dynamics, SD),是由美国麻省理工学院J.W.Forrester教授分析企业生产管理与库存管理时提出的系统仿真方法,是系统论、控制论、信息论的交叉综合,是认识与解决系统问题的信息反馈科学(Azadeh et al., 2014; Bhushan 2015; 李文超等, 2014)。通过系统科学理论与计算机仿真的结合,研究非线性系统反馈结果与行为,明确研究问题,确定系统边界,进行系统的动态假设、方程描述、测试、评估,以解决系统的特定问题。系统动力学根据系统的结构与功能,探讨因果反馈关系,寻找系统问题产生的根源。目前系统动力学相关研究集中在仿真模拟(Wu et al., 2012; 李文超等, 2014; 彭乾等, 2016)、预测(Marcos et al., 2018; 杨秀平等, 2018)、评估(唐睿等, 2019)、路径优选(杨红娟等, 2019)上,应用领域多集中于旅游区(Wandersee et al., 2012; 林恩惠等, 2017)、市域(杨秀平等, 2018)、省域(Morrison et al., 2015)与国家(刘立云等, 2012; Arnd et al., 2016)层面。

旅游环境系统是旅游发展的基础,目的地旅游发展需要协调与旅游环境的关系,实现旅游环境供需系统的平衡,提升多主体在旅游发展中的福利水平与旅游环境系统的质量。本文关注旅游环境系统承受或抵御外界多主体需求压力冲击的能力,通过完善目的地旅游环境系统的整体格局,化解旅游环境系统的需求压力(张玉钧等, 2017; 张俊等, 2019),使其快速应对、恢复并保持旅游目的地功能正常运行。通过适应多主体需求压力的经验积累,提升应对多主体需求的能力进而保持系统活力。韧性理论与旅游环境系统研究的结合,对城市旅游目的地实现可持续发展至关重要。

鉴于此,首先,本文界定了城市旅游环境系统韧性的内涵,系统分析了城市旅游环境系统施压的多主体,探讨多主体对旅游环境系统的施压机制及其影响因素。其次,构建城市旅游环境系统韧性的量化模型。从旅游环境系统的自然韧性、经济韧性、社会韧性角度建立城市旅游环境系统韧性的指标体系,构建城市旅游环境系统韧性的系统动力学模型,采用Vensim仿真软件分析多情景下城市旅游环境系统的韧性潜力,通过多种情景的对比进行城市旅游环境系统发展路径的优选,并以兰州市为例测度该城市旅游环境系统韧性。最后,根据实证分析结果,提出城市旅游环境系统韧性的提升对策。

2 城市旅游环境系统韧性的内涵界定

“韧性”研究的目的是有计划、有步骤地消减风险隐患(Moser et al., 2019)。城市旅游环境系统韧性分析强调根据城市旅游环境系统的多施压主体对旅游环境系统的施压机制及其影响因素,增强城市旅游环境系统的适应性,促进城市旅游环境供需系统的互动。具体而言:第一,城市是旅游环境系统韧性演化的载体,需要分

析城市旅游活动多主体构成、人口特征、旅游偏好特征等,研究城市旅游活动多主体需求对旅游环境系统产生的压力;第二,在旅游环境系统混沌特征下,通过城市旅游环境系统持续的适应、学习和创新,需要探究旅游目的地环境系统的演变规律;第三,韧性是解释旅游环境系统分化现象的关键,需要着眼于城市旅游发展的“惠众”与“公平”,研究城市旅游环境系统韧性的非线性多重演化轨迹与地理分异。旅游成长压力下城市旅游环境系统韧性演变如图2所示。

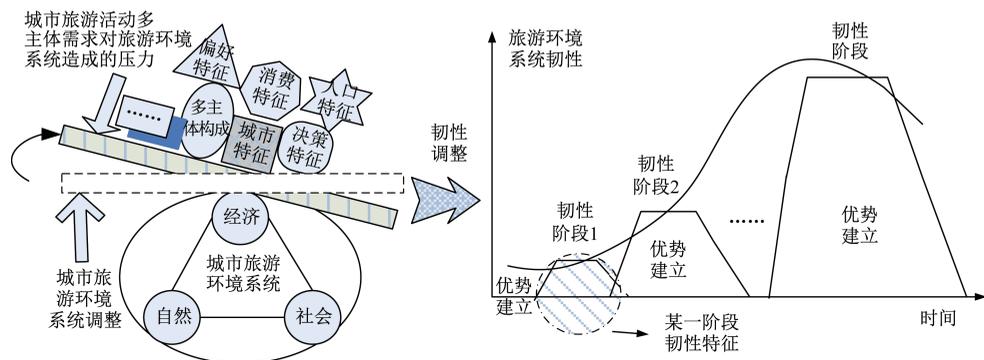


图2 旅游成长压力下城市旅游环境系统韧性演变

城市旅游环境系统韧性具有稳定性、敏感性、适应性特征,可划分为缓解、恢复、学习和应对等多个阶段,城市旅游环境系统韧性面对外界压力时具有缓冲和恢复能力。同时,城市旅游环境系统从压力中积累经验并进行学习,确保城市旅游环境系统的应对能力与较强的系统韧性,以有效承受未来或潜在压力带来的冲击,城市旅游环境系统混沌的阶段性的是一定的时空尺度和发展速度的嵌套循环系统,不一定是连续的或者固定的。由于多主体扰动,城市旅游环境系统需要通过不断调整、改善系统结构并积累经验,提升系统缓冲能力,由此进入学习与应对阶段,促成城市旅游环境系统的良性循环与动态发展。城市旅游环境系统韧性的内涵如图3所示。

3 构建城市旅游环境系统韧性指标体系并确定权重

3.1 构建城市旅游环境系统韧性指标体系

本文从自然、经济、社会三方面分析城市旅游环境系统韧性的构成因素,在问卷调查、实地调研、文献研读(Arnd et al., 2016; Bruijin et al., 2017; 徐波, 2018; Vučetić, 2018; 杨秀平等, 2019; 唐睿等, 2019; 张俊等, 2019)的基础上构建指标体系(见表1)。城市自然环境系统韧性是城市旅游得以延续的基础,支撑着城市旅游的发展;城市经济环境系统韧性、城市社会环境系统韧性使城市旅游得以发展,是实现惠众目标的核心。城市旅游环境系统的稳定性,是城市旅游环境系统整体应对外部压力的基础;城市旅游环境系统的敏感性,是指城市旅游环境系统应对外

界潜在压力的能力;城市旅游环境系统的适应性,是指城市旅游环境系统面临外部冲击后的自我修复能力。

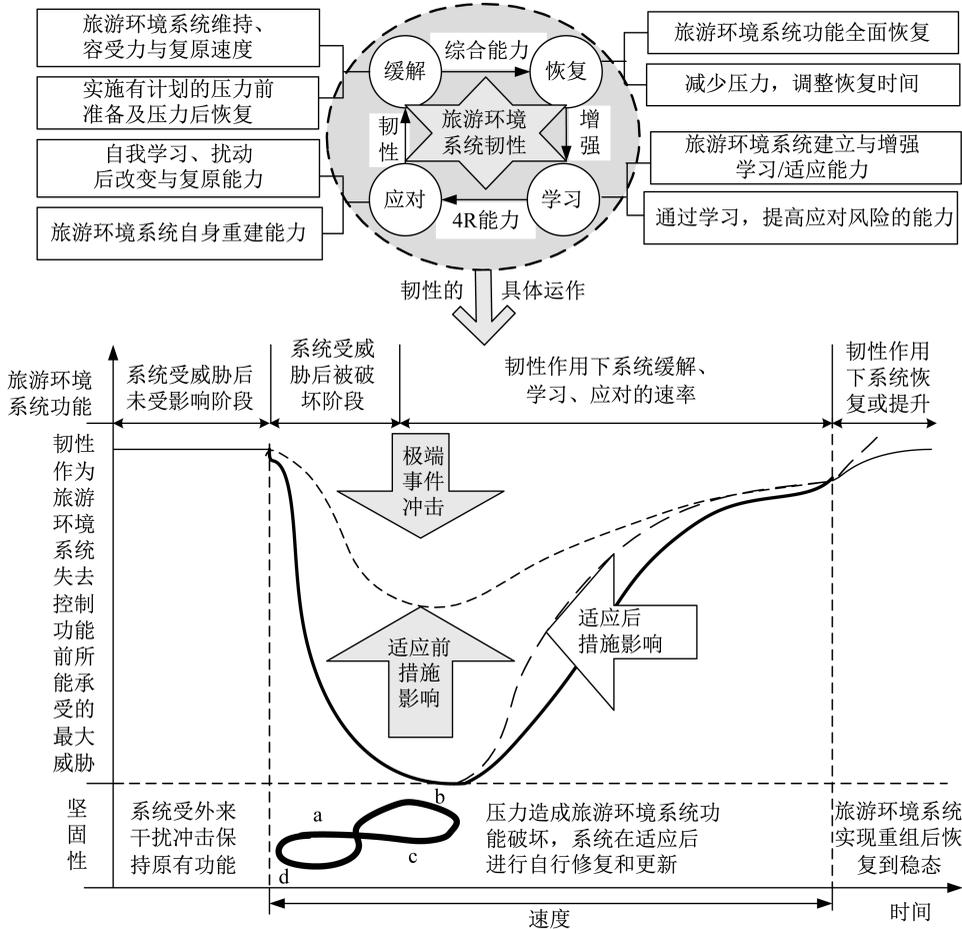


图3 城市旅游环境系统韧性的内涵

注:图中4R能力代表城市旅游环境系统的抗干扰能力(Robustness)、冗余调节能力(Redundancy)、智慧应对能力(Resourcefulness)、迅速反应能力(Rapidity);图中a代表城市旅游环境系统重组阶段、b代表城市旅游环境系统守恒阶段、c代表城市旅游环境系统创造性阶段、d代表城市旅游环境系统积累阶段。

3.2 确定城市旅游环境系统韧性的权重

首先,为消除城市旅游环境系统韧性数据量纲(单位)的不一致性与数据中极端值的出现,对城市旅游环境系统韧性的三级指标进行标准化处理,其中,对正、负向指标采用级差标准化,统一在指标中加上0.01。采用模糊隶属度函数的方法(董炜等,2014)进行无量纲化处理,具体标准化见公式(1)、公式(2)。

$$X'_{ijz\text{正指标}} = \frac{x_{ijz} - \min\lambda_{ijz}}{\max\lambda_{ijz} - \min\lambda_{ijz}} \cdot 0.99 + 0.01 \quad (1)$$

$$X'_{ijz\text{负指标}} = \frac{\max\lambda_{ijz} - x_{ijz}}{\max\lambda_{ijz} - \min\lambda_{ijz}} \cdot 0.99 + 0.01 \quad (2)$$

表1 城市旅游环境系统韧性指标体系

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	单位	权重
城市自然 环境 系统 韧性 C_1	0.3448	自然稳定性 C_{11}	0.3040	空气质量达到及好于二级的天数 C_{111}	天	0.0311
				水资源供应量 C_{112}	万立方米	0.0416
				受灾面积 C_{113}	万亩	0.0321
		自然敏感性 C_{12}	0.3376	工业废水排放总量 C_{121}	万吨	0.0306
				城镇生活污水排放量 C_{122}	万立方米	0.0266
				工业固体废弃物产生量 C_{123}	万吨	0.0591
		自然适应性 C_{13}	0.3584	工业固体废弃物综合利用量 C_{131}	万吨	0.0458
				绿化覆盖面积 C_{132}	平方公里	0.0425
				人均公园绿地面积 C_{133}	平方米/人	0.0352
城市经济 环境 系统 韧性 C_2	0.3936	经济稳定性 C_{21}	0.2547	GDP C_{211}	亿元	0.0335
				节能环保支出 C_{212}	亿元	0.0197
				旅游总收入 C_{213}	亿元	0.0471
		经济敏感性 C_{22}	0.2914	城镇居民人均可支配收入 C_{221}	元	0.0389
				游客数量 C_{222}	万人	0.0423
				游居比 C_{223}	%	0.0334
		经济适应性 C_{23}	0.4539	城镇化水平 C_{231}	%	0.1012
				旅游业直接从业人员数量 C_{232}	万人	0.0468
				旅行社数量 C_{233}	个	0.0307
城市社会 环境 系统 韧性 C_3	0.2616	社会稳定性 C_{31}	0.3420	总人口数量 C_{311}	万人	0.0188
				客运总量 C_{312}	万人	0.0349
				公共汽车标准运营台数 C_{313}	标台	0.0358
		社会敏感性 C_{32}	0.2517	每千人拥有医生数 C_{321}	人/千人	0.0281
				单位建成区面积实现GDP C_{322}	万元/平方公里	0.0064
				旅游类居民消费价格指数 C_{323}	上年=100	0.0314
		社会适应性 C_{33}	0.4063	教育经费支出 C_{331}	亿元	0.0406
				公共医疗卫生支出 C_{332}	亿元	0.0343
				文化体育与传媒支出 C_{333}	亿元	0.0315

式中: $\min \lambda_{ijz}$ 是城市旅游环境系统韧性指标原始数据的最小值; $\max \lambda_{ijz}$ 是城市旅游环境系统韧性指标原始数据的最大值; X_{ijz} 为城市旅游环境系统韧性标准化后的指标值; i, j, z 分别代表城市旅游环境系统韧性的一级指标、二级指标和三级指标, $i, j, z = 1, 2, 3$ 。

其次, 利用熵值法确定权重。“熵”用来衡量系统内的无序状态, 本文采用熵值法确定旅游环境系统韧性指标体系的权重。用 n 代表城市旅游环境系统韧性指标的统计年份数, 在对城市旅游环境系统韧性指标体系原始数据进行归一处理的基础上, 构建以下初始判别矩阵。

$$X_{ijz} = (X_{ijz})_{27 \times n} \quad (3)$$

再次,在对城市旅游环境系统韧性第 k 年指标所占比重 $p_{ijz,k}$ 测算的基础上,得出城市旅游环境系统韧性无量纲指标数据矩阵 $P_{ijz,k}$, 计算指标的熵值 e_{ijz} :

$$P_{ijz,k} = \frac{X_{ijz,k}^*}{\sum_{k=1}^n X_{ijz,k}^*} \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$P_{ijz,k} = (p_{ijz,k})_{27 \times n} \quad (5)$$

$$e_{ijz} = -K \cdot \sum_{k=1}^n P_{ijz,k} \ln P_{ijz,k} \quad (6)$$

其中, $K = \frac{1}{\ln n}$, $e_{ijz} \geq 0$ 。

最后,计算城市旅游环境系统韧性指标的差异系数 g_{ijz} , 进而计算城市旅游环境系统韧性的权重 W_{ijz} 。

$$g_{ijz} = 1 - e_{ijz} \quad (7)$$

$$W_{ijz} = \frac{g_{ijz}}{\sum_{i,j,z=1}^3 g_{ijz}} \quad (8)$$

4 构建城市旅游环境系统韧性的系统动力学模型

首先,利用 Vensim 软件明确城市旅游环境系统韧性的研究问题,界定城市旅游环境系统韧性的研究边界;其次,确定城市旅游环境系统韧性模型构建中的水平变量、速率变量、辅助变量(见表2);最后,提出城市旅游环境系统韧性的动态假说,录入城市旅游环境系统韧性的因果关系,撰写方程、测试方程并进行检验,如图4所示。在本文构建变量方程中,采用的公式如下:

$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [Inflow(s) - Outflow(s)] ds + Stock(t_0) \quad (9)$$

$$\frac{d(Stock)}{dt} = Inflow(t) - Outflow(t) \quad (10)$$

$$C_{ij} = \sum_{z=1}^3 \frac{W_{ijz} \cdot C_{ijz}}{D_{ijz}} \quad (11)$$

$$C_i = \sum_{j=1}^3 W_{ij} \cdot C_{ij} \quad (12)$$

式中: $Stock(t)$ 代表 t 时刻城市旅游环境系统韧性影响因素的存量, $Inflow(s)$ 代表城市旅游环境系统韧性影响因素的流入量; $Outflow(s)$ 代表城市旅游环境系统韧性影响因素的流出量; $Stock(t_0)$ 代表初始时刻 t_0 城市旅游环境系统韧性影响因素的存量; C_i 、 C_{ij} 、 C_{ijz} 分别代表表1中的一级指标、二级指标和三级指标; W_{ijz} 代表指标 C_{ijz} 的权重; W_{ij} 代表指标 C_{ij} 的权重; D_{ijz} 代表研究期内指标 C_{ijz} 的平均值。其中, $i, j, z = 1, 2, 3$ 。

表2 旅游环境系统韧性的系统动力学模型中的变量

变量	变量构成	文献支撑
水平变量	水资源供应量、绿化覆盖面积、城镇化水平、旅行社数量、总人口数量、旅游类居民消费价格指数	林恩惠等,2017; Arnd et al.,2016; 杨秀平等,2019
速率变量	水资源供应量增长率、绿化覆盖面积增长率、城镇化水平增长率、旅行社数量增长率、总人口数量增长率、旅游类居民消费价格指数增长率	秦剑,2015; 张广海等,2016; Bruijin et al.,2017; 杨秀平,2018; 孙阳等,2017
辅助变量	空气质量达到及好于二级的天数、空气质量达到及好于二级的天数的比例、受灾面积、工业废水排放总量、城镇生活污水排放量、工业固体废物产生量、工业固体废物综合利用量、工业固体废物综合利用率、公园绿地面积、人均公园绿地面积、第一产业产值增量、第二产业产值增量、第三产业产值增量、GDP、节能环保支出、旅游总收入、城镇居民人均可支配收入、游客数量、游居比、旅游业直接从业人员数量、客运总量、公共汽车标准运营台数、每千人拥有医生数、建成区面积、单位建成区面积实现GDP、财政支出、教育经费支出、教育经费支出占财政支出比例、公共医疗卫生支出、公共医疗卫生支出占财政支出比例、文化体育与传媒支出、文化体育与传媒支出占财政支出比例	刘立云等,2012; 翁钢民等,2018; 唐睿等,2019; Dey et al.,2018; 赵冬月等,2016; 张俊等,2019; Vučetić, 2018; Moser et al.,2019

注:水平变量表示城市旅游环境系统韧性指标的累计水平,即累计量;速率变量表示城市旅游环境系统韧性指标的增减变化幅度;辅助变量是城市旅游环境系统韧性的系统动力学模型构建的中间变量。

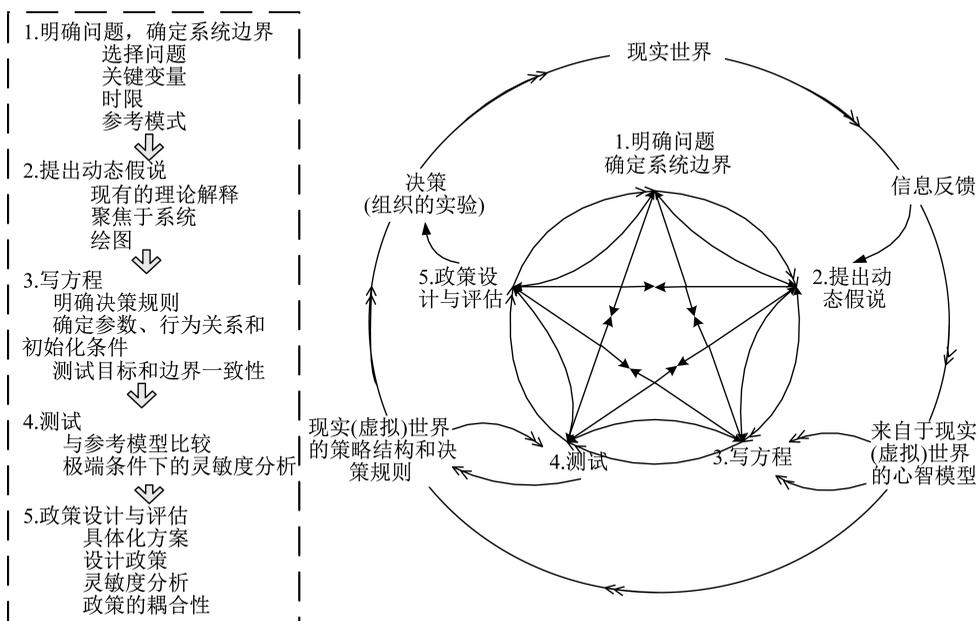


图4 系统动力学建模过程及模型中的动态变化

如图5所示,从城市旅游环境系统的自然环境系统韧性、经济环境系统韧性、社会环境系统韧性3个方面出发,构建城市旅游环境系统韧性主要指标间的因果关系,探讨其对应的城市旅游环境系统韧性的稳定性、敏感性与适应性,并建立城市旅游环境系统韧性的系统动力学模型(见图6)。本文将城市旅游环境系统韧性的情景划分为“现状延续型”“经济优先型”“生态保护型”,对特定城市旅游环境系统韧性进行预测研究,分情景探讨城市旅游环境系统韧性的自然环境韧性、经济环

韧性、社会环境韧性,进行旅游环境系统韧性的稳定性、敏感性与适应性指标的仿真模拟。

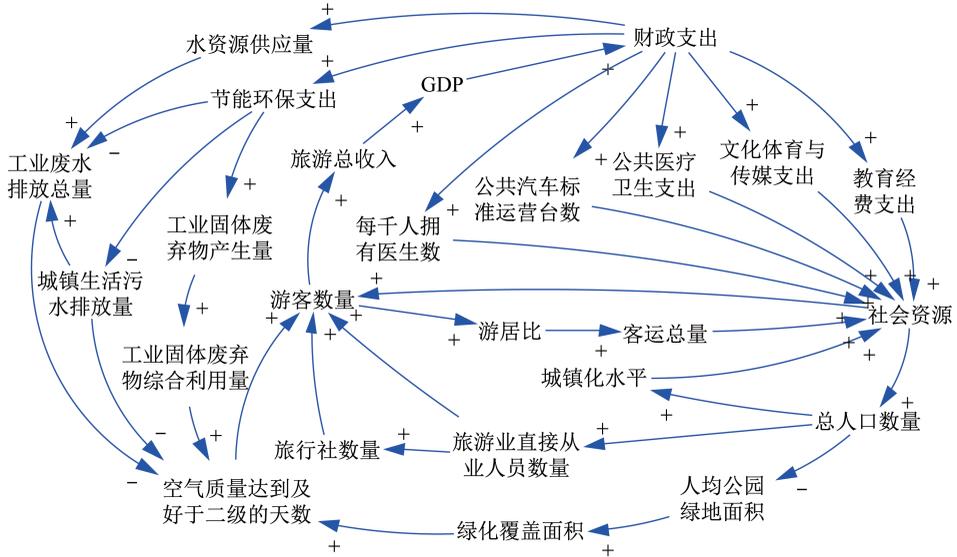


图5 城市旅游环境系统韧性的因果关系图

注:+表示正的极性,代表自变量的增加或减少导致因变量的同向变化;-表示负的极性,代表自变量的增加或减少导致因变量的反向变化;→表示因果关系影响方向(下同)。

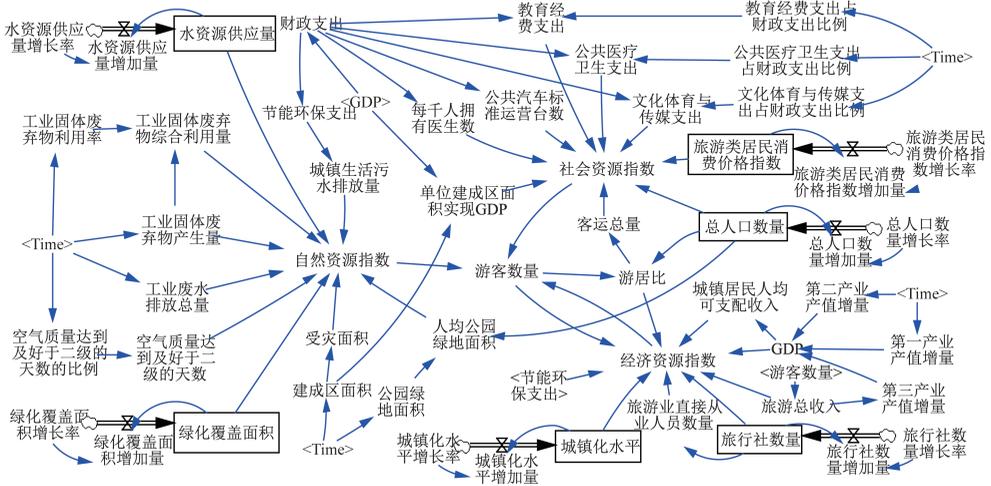


图6 城市旅游环境系统韧性的系统动力学建模

注:云团代表流量起点的存量;X代表水平流量受其他因素影响可以变化;Time代表时间函数,表示自变量与因变量之间的非线性关系。

5 案例分析

本文以甘肃省兰州市为例进行研究。兰州市又称金城,地处亚欧大陆腹地,是我国西部的生态脆弱区,依托黄河具有带状盆地城市的特征,干旱少雨。兰州是古

丝绸之路上的重镇,拥有数千年的历史,积淀了丰厚的历史文化,是人类塑造的复杂且典型的社会生态系统。近年来,伴随着旅游者的非均衡涌入,传统旅游目的地粗放型的增长方式加剧了兰州市自然环境、经济环境、社会环境的压力,导致兰州市旅游环境系统利用的非均衡性,影响兰州市旅游环境系统的可持续性与惠众性理念的实现。因此,缓解或消除兰州旅游发展对旅游环境系统的压力,提升旅游环境系统韧性,探讨城市旅游可持续发展的新途径,促进兰州市旅游环境系统持续改善与旅游经济的高质量发展是一个迫切需要解决的问题。

5.1 研究结果

兰州市2008年—2017年城市旅游环境系统韧性相关指标数据来自《兰州市统计年鉴》《甘肃省统计年鉴》《中国旅游统计年鉴》等。根据图6的系统动力学模型,设定Start Time为2008,End Time为2025(Units:Year),Time Step为1(Units:Year),构建兰州市旅游环境系统韧性的系统动力学理论模型并进行理论检验。根据水资源供应量、绿化覆盖面积、城镇化水平、旅行社数量、总人口数量、旅游类居民消费价格指数等指标的灵敏性对模型进行修正,对2008年—2017年的统计数据进行检验,以浮动范围10%为限(见表3),进而模拟多情景下兰州市旅游环境系统韧性的指数,如表4所示。

2008年—2017年兰州市旅游环境系统韧性水平虽有所提升,但总体水平较

表3 城市旅游环境系统韧性系统动力学模型的历史数据检验

年份	类型	水资源供应量/万立方米	绿化覆盖面积/平方公里	城镇化水平/%	旅行社数量/个	总人口数量/万人	旅游类居民消费价格指数/上年=100
2008	实际值	28127.00	51.30	62.56	130	322.28	106.5
	预测值	28127.00	51.30	62.56	130	322.28	106.5
2009	实际值	27461.59	57.37	62.66	132	323.59	100.7
	预测值	28019.90	55.69	63.29	140	322.64	106.1
2010	实际值	28355.45	54.95	62.72	164	323.54	102.9
	预测值	27913.30	60.45	64.03	151	323.00	105.7
2011	实际值	29401.14	49.40	62.69	180	323.30	104.3
	预测值	27807.10	65.61	64.77	163	323.37	105.3
2012	实际值	26827.67	65.48	62.98	198	321.52	102.5
	预测值	27701.20	71.22	65.53	176	323.73	104.8
2013	实际值	26772.28	77.30	62.66	207	321.43	110.7
	预测值	27595.80	77.31	66.29	190	324.09	104.4
2014	实际值	26226.80	79.19	62.49	216	321.64	105.9
	预测值	27490.80	83.92	67.07	205	324.46	104.0
2015	实际值	26768.20	83.69	66.53	241	321.90	100.5
	预测值	27386.10	91.10	67.85	222	324.82	103.6
2016	实际值	26443.17	93.11	68.70	224	324.23	99.1
	预测值	27281.90	98.89	68.64	239	325.18	103.2
2017	实际值	27178.00	107.34	69.44	258	325.55	102.8
	预测值	27178.10	107.34	69.44	258	325.55	102.8

表4 多情景下兰州市旅游环境系统韧性仿真模拟数值

年份	生态保护型	经济优先型	现状延续型	年份	生态保护型	经济优先型	现状延续型
2008	0.6957	0.6957	0.7177	2017	2.4436	1.3964	1.3364
2009	0.7788	0.7577	0.7893	2018	2.8758	1.5334	1.4412
2010	0.8979	0.8362	0.8651	2019	3.3933	1.6787	1.5502
2011	1.0987	0.9739	0.9961	2020	4.0255	1.8341	1.6649
2012	1.2703	1.0612	1.0733	2021	4.8125	2.0015	1.7863
2013	1.4591	1.1418	1.1365	2022	5.8111	2.1830	1.9156
2014	1.6621	1.2099	1.1872	2023	7.1035	2.3809	2.0541
2015	1.8765	1.2638	1.2270	2024	8.8127	2.5981	2.2030
2016	2.0839	1.2809	1.2240	2025	11.1346	2.8379	2.3637

低。考虑目的地旅游环境系统韧性构建的计划性与目的性,为促进兰州市旅游环境系统韧性向集约型转变,基于系统动力学的数据检验确定旅游环境系统韧性指标的灵敏性;考虑目的地相关主体对旅游环境系统韧性的满意度和幸福感,为了保证旅游发展的“惠众性”与“公平性”,设定系统动力学模型中常量的标准。本文基于“现状延续型(统计期内的现状增长率)、经济优先型(统计期内的平均速率最大值)、生态保护型(统计期内的平均速率最小值)”3种情景对城市旅游环境系统韧性进行模拟(见表4)。由图7的模拟仿真结果可见,“现状延续型、经济优先型、环境保护型”3种情景下兰州市旅游环境系统韧性均呈现提升发展态势,且生态保护型情景下的城市旅游环境系统韧性明显优于经济优先型与现状延续型发展情景;兰州市旅游自然环境系统韧性、经济环境系统韧性、社会环境系统韧性均呈现上升趋势,生态保护型情景下的旅游自然环境系统韧性优于现状延续型与经济优先型情景,且经济优先型情景下的旅游自然环境系统韧性最低。

兰州市旅游环境系统韧性包括各子系统的稳定性、敏感性与适应性。如图8所示,在现状延续型情景下,研究期内兰州市自然环境系统的稳定性逐步下降,但是在生态保护型发展情景下,兰州市自然环境系统稳定性在经历了2013年—2017年的下降后于2018年开始稳步增长。受工业废水排放总量、城镇生活污水排放量的影响,兰州市旅游环境系统的自然敏感性在2010年—2016年波动较大。2017年十九大召开后,兰州市着力建设“兰州蓝”城市名片,主抓工业环境污染,努力促进城市发展中“实现人与自然的和谐共生”^①,兰州市旅游环境系统的自然适应性显著增强。通过对兰州市旅游环境经济系统的分析,我们发现多情景下经济系统的稳定性均呈上升态势且2017年以后增幅明显;经济的敏感性在现状延续型和经济优先型情景下保持稳定,在生态保护型情景下快速增长;生态保护型情景下的经济适应性优于现状延续型与经济优先型情景下的经济适应性,生态环境保护理念的贯彻执行反哺兰州市旅游环境系统的经济适应性。兰州市旅游环境社会系统韧性中,大数据助力社会环境“三大治理”收效显著,2012年开始兰州市社会环境的稳定性明显提升,经济优先型情景下的社会敏感性大于现状延续情景与生态保护情

① 人民网·砥砺前行让“兰州蓝”名片更响亮[EB/OL].(2018-07-02).<http://gs.people.com.cn/n2/2018/0702/c183341-31766520.html>.

景;现状延续型、生态保护型和经济优先型情景下,社会适应性均逐步提升,可见旅游经济的发展和生态环境的保护对西北中心城市多民族生态脆弱区教育、公共卫生及文化体育与传媒等的促进作用。

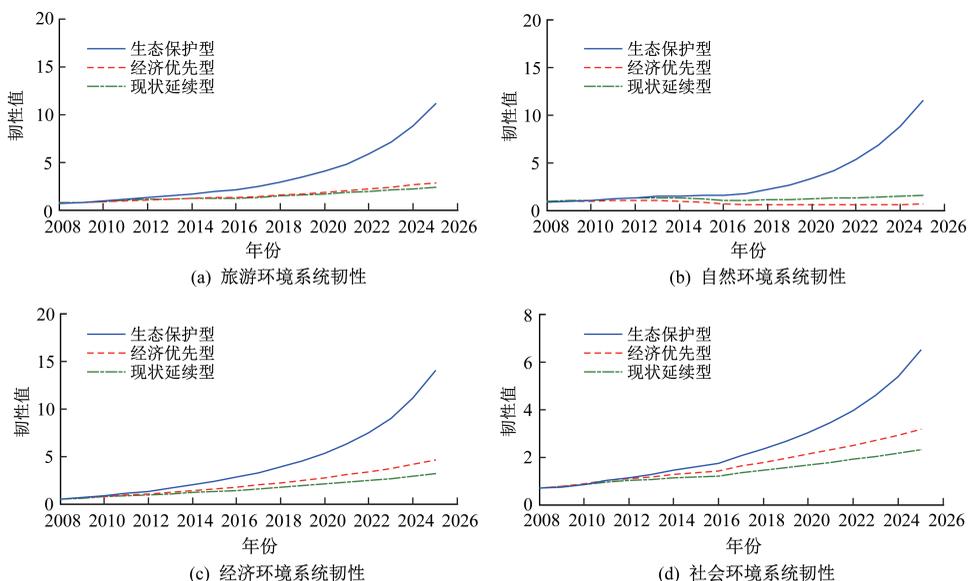


图7 2008年—2025年多情景下兰州市旅游环境系统与子系统韧性模拟

5.2 提升城市旅游环境系统韧性的对策

城市旅游环境系统韧性的核心强调共享与共赢、互惠互利、协调与可持续增长。在旅游目的地发展规划中,为提升城市旅游环境系统韧性,本文尝试提出如下对策:

(1) 打造多维城市旅游环境系统韧性层级

首先,特定情景下的结构韧性——以要素构建稳定、开放的空间骨架,通过拓展目的地旅游环境系统发展的有效空间,形成旅游目的地点轴式空间骨架布局,建立模块化区域分隔,促进旅游环境系统韧性的关联与拓展,构建城市旅游环境系统多层次、多模块空间结构,进一步提升城市旅游环境系统点轴式骨架的稳定性。其次,控制韧性——以韧性优化规划控制指标的空间配置,通过对多主体旅游环境系统韧性的分析,考虑不确定性因素,借助韧性工具,为影响旅游环境系统韧性的指标设定可浮动区间,在特定情景下,促进规划指标在空间上的优化配置,从旅游目的地角度促进空间资源的整体统筹,包括旅游环境系统的复合开发、浮动的开发强度、置换低效空间等。最后,过程韧性——以刚性机制推进渐进式、协商式的旅游规划,促使传统的蓝图式远景规划向渐进式、协商式规划转变(Moser et al., 2019),促成多主体的发展规划与旅游环境系统的规划在时空上的充分衔接与深度融合。在协同过程中鼓励利益相关者达成协同平衡的目标,促进城市旅游环境的共建共享。

(2) 界定城市旅游成长级别

以城市旅游环境系统韧性系数、旅游成长水平(旅游压力的流向与流量)为维

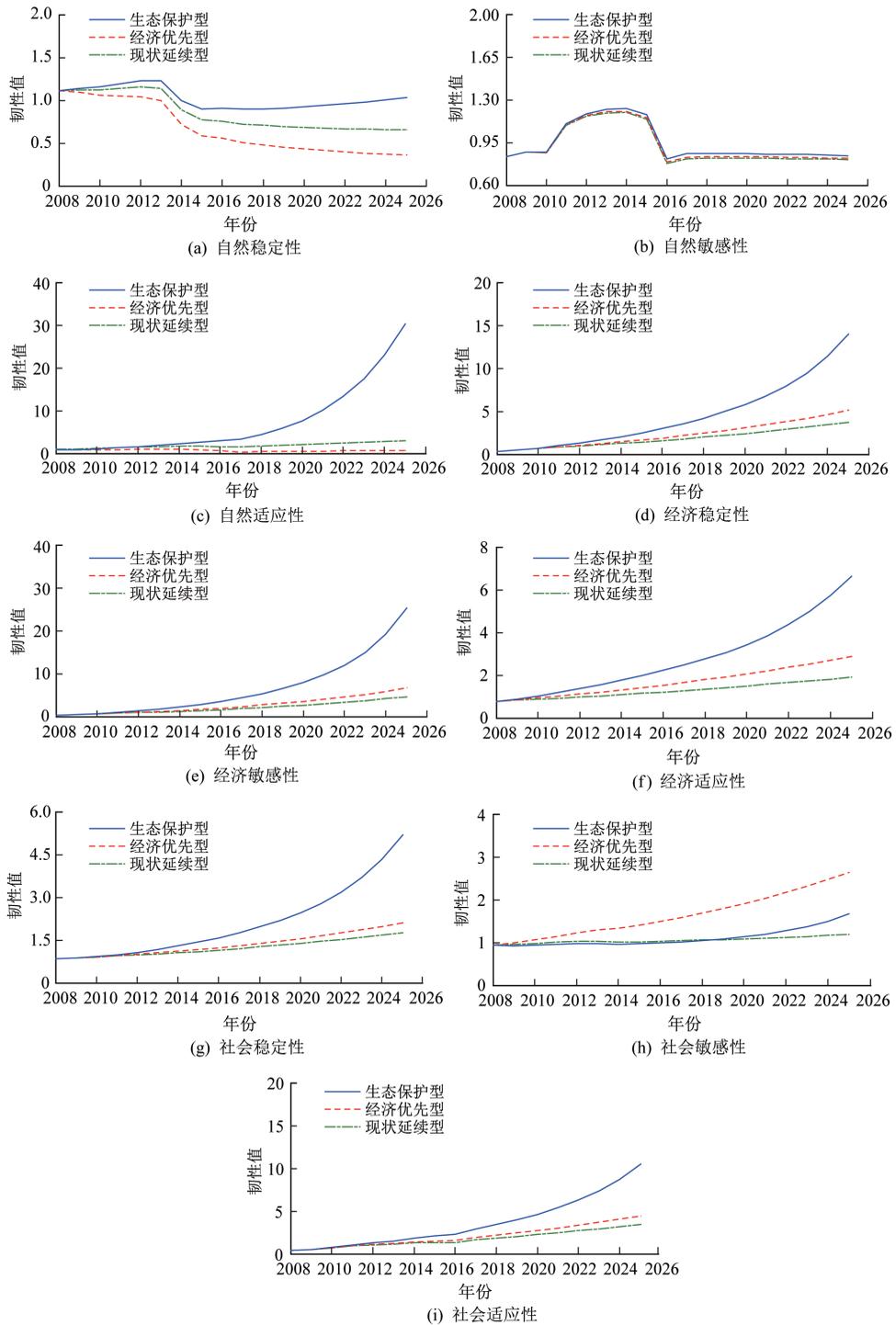


图8 2008年—2025年兰州市旅游环境子系统韧性的稳定性、敏感性与适应性的多情景模拟度,分析城市区县的旅游成长级别,理顺城市规模指数、城市旅游环境系统压力、城市旅游环境系统韧性的三元数理关系(见图9)。以城市旅游环境系统的“韧性适

应能力提升,建立动态维护、多级网络、联合共治的旅游目的地”为总体目标,从社会治理、时空联动等方面提出旅游目的地环境系统韧性的总体思路,为后续提升路径研究打下基础,有助于解决旅游环境系统稳定发展需求与城市不确定性干扰之间的矛盾,在规划管理中依托多样的技术手段持续影响规划决策与城市建设,拓展城市旅游环境系统的可浸性。

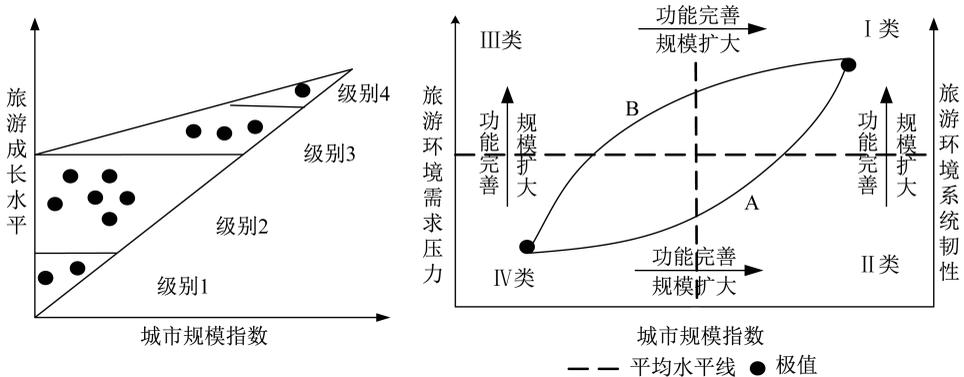


图9 三元关系数理空间分布模型和三元关系时空演变模型

(3) 城市旅游环境系统压力空间的缓解

首先,提出“核心引领与扁平发展”的总体构想,探讨城市旅游环境系统韧性的扁平联系,从城市的“核心-核心”联系、“核心-边缘”联系角度,根据城市旅游环境系统韧性的发展方向,构建特定城市与其他层级节点城市旅游环境系统的集聚区,达到区域城市旅游环境系统的核心组群的高效连接、核心协同节点与核心组群的紧密依附、边缘节点的职能分化,实现核心城市与一般城市的协同发展,通过结构调整提升区域旅游环境系统对外界不确定性的抵抗性。其次,提出片区“阶段识别与差异推进”构想,根据区域旅游环境系统韧性发展阶段,分析发展中存在的问题,制定差异化的旅游环境系统韧性优化举措,突出非核心城市旅游环境系统主题的功能专业化和特色化,实现区域旅游环境系统韧性构建的网络化,达到边缘城市间旅游环境系统韧性利用的水平联系,实现区域旅游环境系统韧性的由梯度层级向全面均衡发展。最后,促进区域要素流动,通过区域内要素的互联互通实现合作共赢。借助城市群网络的传输效率与扩散效应,增进区域内城市旅游合作,营造共享的信息空间,促进区域内旅游流量和流向的空间转移。

6 讨论

城市旅游环境系统韧性的研究前景广泛,具有挑战性。面对旅游环境压力,对旅游环境系统演化过程中的稳定性、敏感性与适应性等特征的认识,有助于我们理解旅游目的地的人地关系。今后研究建议加深对人地关系系统演化与适应性的理解,促进城市旅游环境系统转型,为建立有效的人地关系系统适应模式提供理论依据,构建较为全面、科学、系统的城市旅游环境系统韧性研究分析框架。

城市旅游环境系统韧性研究应结合旅游业的季节性特征与区域内旅游目的地

的冷热程度,进行区域范围内的承接功能拓展研究;应针对旅游环境系统韧性的影响因素,突出“人”在旅游环境系统面临波动时的动态调整能力,应对“黑天鹅”事件发生,进行城市旅游环境系统韧性预警研究。建议今后城市旅游环境系统韧性研究加入跨尺度的空间因素,以实现区域范围内旅游目的地的良性治理,促进目的地从防御型向韧性的转变。

参考文献:

- 陈利,朱喜钢,孙洁,2017.韧性城市的基本理念、作用机制及规划愿景[J].现代城市研究(9):18-24.
- 董炜,陈卫征,徐晓滨,等,2014.基于可分性测度的模糊隶属函数确定方法[J].控制与决策(11):2089-2093.
- 李文超,田立新,贺丹,2014.经济-能源-环境可持续发展的系统动力学研究——以中国为例[J].系统科学学报(3):54-57.
- 李亚,翟国方,2017.我国城市灾害韧性评估及其提升策略研究[J].规划师(8):5-11.
- 林恩惠,修新田,郭进辉,等,2017.基于SD和DPSIR模型的湿地公园旅游环境承载力模拟研究——以闽江河口国家湿地公园为例[J].林业经济(6):32-37.
- 刘立云,雷宏振,邵鹏,2012.基于系统动力学的我国旅游景区门票定价研究[J].旅游科学(4):39-51.
- 彭翀,林櫻子,顾朝林,2018.长江中游城市网络结构韧性评估及其优化策略[J].地理研究(6):1193-1207.
- 彭乾,邵超峰,鞠美庭,2016.基于PSR模型和系统动力学的城市环境绩效动态评估研究[J].地理与地理信息科学(3):121-126.
- 钱少华,徐国强,沈阳,等,2017.关于上海建设韧性城市的路径探索[J].城市规划学刊(S1):109-118.
- 秦剑,2015.水环境危机下北京市水资源供需平衡系统动力学仿真研究[J].系统工程理论与实践(3):671-676.
- 邵亦文,徐江,2015.城市韧性:基于国际文献综述的概念解析[J].国际城市规划(2):48-54.
- 孙阳,张落成,姚士谋,2017.基于社会生态系统视角的长三角地级城市韧性度评价[J].中国人口·资源与环境(8):151-158.
- 唐睿,王晨,陈雅萌,等,2019.厦门市城市生活垃圾的系统动力学预测管控体系[J].环境科学学报(6):2071-2078.
- 翁钢民,潘越,李凌雁,2018.基于改进DPSIR-DS模型旅游生态安全等级测度及时空演变分析——以“丝绸之路”沿线五省区为例[J].旅游科学(6):17-32.
- 徐波,2018.安徽省城市韧性水平测度及提升路径选择[D].安徽:安徽财经大学.
- 杨红娟,张成浩,2019.基于系统动力学的云南生态文明建设有效路径研究[J].中国人口·资源与环境(2):16-24.
- 杨秀平,2018.城市旅游环境承载力评价与优化研究[D].河北:燕山大学.
- 杨秀平,翁钢民,2019.旅游环境承载力研究综述[J].旅游学刊(4):96-105.
- 杨秀平,翁钢民,侯玉君,等,2018.基于SD模型的多情景城市旅游环境承载潜力建模与仿真——以兰州市为例[J].经济地理(3):208-216.
- 张广海,赵韦舒,2016.省域A级景区旅游环境承载力综合评价及障碍因子研究[J].华中师范大学学报(自然科学版)(6):944-951.
- 张俊,程励,2019.旅游发展与居民幸福:基于系统动力学视角[J].旅游学刊(8):12-24.
- 张玉钧,徐亚丹,贾倩,2017.国家公园生态旅游利益相关者协作关系研究——以仙居国家公园公孟园区为例[J].旅游科学(3):51-64;74.
- 赵冬月,施波,陈以琴,等,2016.协同管理对城市韧性增强机制的影响[J].管理评论(8):207-214.
- 郑艳,林陈贞,2017.韧性城市的理论基础与评估方法[J].城市(6):22-28.
- ARND H, BEATE, RATTER M W, 2016. Caribbean island states in a social-ecological panarchy? Complexity theory, adaptability and environmental knowledge systems[J]. Anthropocene, 13: 80-93.

- AZADEH A, SHOUSHARI K D, SABERI M, et al., 2014. An integrated artificial neural network and system dynamics approach in support of the viable system model to enhance industrial intelligence: the case of a large broiler industry[J]. *Systems research & behavioral science*, 31(2):236-257.
- BHUSHAN S, 2015. Capturing structural complexity of innovation diffusion through system dynamics: a discussion on model development, calibration, and simulation results [J]. *International journal of system dynamics applications*, 2(1):59-96.
- BRUIJIN D K, BUURMAN J, MENS M, et al., 2017. Resilience in practice: five principles to enable societies to cope with extreme weather events[J]. *Environmental science & policy*, 70:21-30.
- COLDING J, 2007. Ecological land use complementation for building resilience in urban ecosystems [J]. *Landscape and urban planning*, 81(1):46-55.
- DACOUDI S, SHAWK, HAIDER L J, et al., 2012. Resilience: a bridging concept or a dead end? [J]. *Planning theory and practice*, 13(2):299-333.
- DESOUZA K C, FLANER Y T H, 2013. Designing, planning and managing resilient cities: a conceptual framework [J]. *Cities*, 35:89-99.
- DEY, JAYDIP, SAURABH, et al., 2018. Geospatial assessment of tourism impact on land environment of Dehradun, Uttarakhand, India [J]. *Environmental monitoring and assessment*, 190(4):181.
- HOLLING C S, 1973. Resilience and stability of ecological systems [J]. *Annual review of ecology and systematics*, (41):1-23.
- JABAREEN Y, 2013. Planning the resilient city: concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk [J]. *Cities*, 31:220-229.
- JABAREEN Y, 2015. The risk city-cities countering climate change: emerging planning theories and practices around the world [M]. London: Springer: 15-27.
- LI Y, SHI Y, QURESHI S, et al., 2014. Applying the concept of spatial resilience to social-ecological systems in the urban wetland interface [J]. *Ecological indicators*, 42:135-146.
- LU P, STEAD D, 2013. Understanding the notion of resilience in spatial planning: a case study of Rotterdam, the Netherlands [J]. *Cities*, 35:200-212.
- MARCOS L H S, LUIS H R, MARIA I, 2018. Design of a system dynamics model to analyze the styrene demand in the Brazilian market [J]. *Systemic practice and action research*, 31:1-18.
- MORRISON R R, STONE M, 2015. Evaluating the impacts of environmental flow alternatives on reservoir and recreational operations using system dynamics modeling [J]. *Journal of the American water resources association*, 55(1):33-46.
- MOSER S, MEEROW S, ARNOTT J, et al., 2019. The turbulent world of resilience: interpretations and themes for trans disciplinary dialog [J]. *Climatic change*, 153:21-40.
- O'CONNELL D, WALKER B, ABEL N, et al., 2015. The resilience, adaptation and transformation assessment framework: from theory to application [M]. Australia: CSIRO:56-76.
- PIZZO B, 2015. Problematizing resilience: implications for planning theory and practice [J]. *Cities*, 43:133-140.
- RAY B, SHAW R, 2018. Changing built form and implications on urban resilience: loss of climate responsive and socially interactive spaces [J]. *Procedia engineering*, 212:117-124.
- RENALD A, TIJPTOHERIJANTO P, SUGANDA E, et al., 2016. Toward resilient and sustainable city adaptation model for flood disaster prone city: case study of Jakarta capital region [J]. *Procedia social and behavioral sciences*, 227:334-340.
- RESCIA A J, WILLAARST B A, SCHMIT M F, et al., 2010. Changes in land uses and management in two nature reserve in Spain: evaluating the social-ecological resilience of cultural landscapes [J]. *Landscape and urban planning*, 98(1):26-35.
- SANCHEZ A, HEIJDEN J V D, OSMOND P, 2018. The city politics of an urban age: urban resilience conceptualization and policies [J]. *Palgrave communications*, 4(1):25-37.

- TUMINI I, ISLAS P V, LUNECKE G H, 2017. Evaluating reconstruction effects on urban resilience: a comparison between two Chilean tsunami-prone cities[J]. *Natural hazards*, 85: 1363-1392.
- VUČETIĆ A Š, 2018. Importance of environmental indicators of sustainable development in the transitional selective tourism destination[J]. *International journal of tourism research*, 20(3): 317-325.
- WANDERSEE S M, AN L, CARR D L, et al., 2012. Perception and decisions in modeling coupled human and natural systems: a case study from Fanjingshan National Nature Reserve, China[J]. *Ecological modelling*, 229: 37-49.
- WU D C, LI G, SONG H, 2012. Economic analysis of tourism consumption dynamics: a time-varying parameter demand system approach[J]. *Annals of tourism research*, 39(2): 667-685.

A Study on System Dynamics of the Resilience of Urban Tourism Environment System: A Case Study of Lanzhou City

YANG Xiuping^{1*}, JIA Yunting¹, WENG Gangmin², LI Yabing¹, NIU Jing¹

(1. School of Economy and Management, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China;

2. School of Economy and Management, Yanshan University, Qinhuangdao 066040, China)

Abstract: Realizing a win-win situation between urban tourism environmental system protection and urban tourism development is a key issue facing urban management in China. Studying of tourism environment system resilience is the basic consensus of urban sustainable development to realize sustainable development of urban tourism. To apply resilience theory to study urban tourism environment system is helpful to solve the contradiction between the demand for stable development of tourism environment system and the interference of urban tourism uncertainty. This paper defined the connotation of the urban tourism environment system resilience and the research object and scope of tourism environment system resilience, analyzed the constitutive factors of the tourism environment system resilience from natural, economic and social aspects, explored the stability, sensitivity and adaptability of the indicators through constructing the tourism environment system toughness index system, used the entropy method to assign weight to the index system objectively and the information feedback characteristics of system dynamics to construct the simulation model of urban tourism environment system resilience with scenarios of “status continuity”, “economic priority” and “ecological protection” and explores the resilience of urban tourism environment system by taking Lanzhou as an example, by taking Lanzhou as an example. The quantification of the resilience of urban tourism environment system provided an important reference for tourism destination planning to achieve the goal responding to uncertainty and achieving sustainable development of destination. It is helpful for researchers and local decision makers in urban planning and geography to enhance adaptability of tourism environment system, and achieve livability, livability and suitability.

Key words: tourism environmental system; resilience; system dynamics; Lanzhou