

基于系统动力学的旅游业生态文明建设协调机制研究

常春朋¹ 张波^{1*} 胡骏²

1.北京联合大学 旅游学院, 中国·北京 100101

2.北京联合大学 应用科技学院, 中国·北京 100101

摘要:“双碳”目标背景下, 如何实现旅游业生态经济协同发展已成为亟待破解的瓶颈问题。针对现有研究多聚焦单一维度、缺乏对多要素协同作用动态模拟的学术缺口, 本研究通过解构旅游业生态文明建设要素体系, 构建经济—生态—技术—政策四维协同子系统, 运用系统动力学模型开展多情景动态仿真。研究发现: 碳排放强度、环境保护支出、旅游科研投入占比均显著影响系统演化, 影响成都依此为: 碳排放强度 > 旅游科研投入占比 > 环境保护支出占比。据此得到政策启示: 一是先要梳理有序的生态文明要素流; 二是应尽快完善低碳旅游的相关政策; 三是需持续增强旅游科研投入减少能源消耗、加大对旅游业旅游科研的资金支持; 四是加大现阶段的环境保护投入, 建立多元化的环境保护资金筹集渠道, 以期达到旅游业生态文明的可持续发展。

关键词: 旅游业; 绿色低碳发展; 生态文明建设; 系统动力学

Research on the Coordination Mechanism for the Construction of Tourism Ecological Civilization Based on System Dynamics

Chang Chunpeng¹, Zhang Bo^{1*}, Hu Jun²

1.Institute of Tourism, Beijing Union University, China Beijing 100101

2.College of Applied Science and Technology, Beijing Union University, China Beijing 100101

Abstract: Under the dual carbon goals background, achieving coordinated eco-economic development in tourism has emerged as a critical bottleneck requiring urgent resolution. Addressing the academic gap where existing studies predominantly focus on singular dimensions while lacking dynamic simulations of multi-factor synergistic effects, this research deconstructs the elemental framework of tourism ecological civilization construction and establishes a four-dimensional collaborative system encompassing economic, ecological, technological and policy subsystems. Through system dynamics modeling, we conduct dynamic simulations of system evolution mechanisms under different development paradigms. The findings reveal that carbon emission intensity, environmental protection expenditure, and tourism R&D investment all exert significant impacts on tourism ecological civilization development, with their influence magnitudes ranking as: carbon emission intensity > tourism R&D investment proportion > environmental protection expenditure proportion. Accordingly, four policy implications are derived: Firstly, establishing orderly ecological civilization element flows through systematic organization; Secondly, expediting the improvement of low-carbon tourism policies; Thirdly, continuously enhancing tourism R&D investments to reduce energy consumption while increasing financial support for tourism scientific research; Fourthly, intensifying current environmental protection investments and establishing diversified funding channels for environmental conservation. These measures aim to achieve sustainable development of tourism ecological civilization while maintaining economic vitality.

Keywords: Tourism industry; Green and low-carbon progress; Ecological civilization establishment; System dynamics

0 引言

党的二十大报告明确指出, 实现高质量发展的关键环节在于加快发展方式向绿色转型, 推动经济社会发展迈向绿色化与低碳化。其中“双碳”目标即碳达峰和碳中和, 对加快发展方式绿色转型起着至关重要的作用, 也是我国处于全球气候变化的大背景之下, 鉴于国家自身可持续发展的内在需求以及国际责任的承担, 制定了这一重大战略

决策^[1]。“十四五”时期乃是碳达峰的关键阶段与重要窗口期。各个地区与各个部门紧紧锁定目标, 坚定不移地迈向生态优先、绿色发展之途, 对产业结构优化、污染管控、生态保育以及应对气候变化进行系统谋划, 合力推进降碳、去污、扩绿、促增长等各项工作^[2]。习总书记重点指出: 达成碳达峰和碳中和的目标, 是落实新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展的必然需求。这也是党中央综

合考量国内与国际两个大局后作出的重大战略决策^[3]。“双碳”背景下,旅游业作为资源依赖型产业,其碳排放问题已成为生态环境保护与经济发展协同推进的关键挑战^[4]。

1 文献回顾

目前学界相关研究多聚焦在旅游可持续发展^[6]、产业创新^[7]与高质量发展^[8]。但旅游业仍存在碳排放强度大、科技与环保投入不足、发展模式传统等问题,这与低碳旅游的要求有相当的差距^[9]。诸多学者从可持续发展角度对旅游业的发展模式进行探索,如何海乐^[10]认为可以运用创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念提出对旅游业可持续发展的价值引领,从而构建旅游业可持续发展的伦理途径。赵攀等^[11]认为旅游业作为旅游产业链的关键构成部分,要从低碳住宿与低碳餐饮、绿色出行和交通优化、智能旅游技术的应用、跨界合作与资源整合等方面着手积极调整,创新商业模式,适应旅游行业低碳、可持续发展的趋势,为实现“碳达峰、碳中和”的目标积极作出贡献;冯学钢等^[12]认为数据要素应用、新旧动能转换、公平效率矛盾及旅游产业新生态是新质生产力赋能旅游业高质量发展亟待思考的关键性问题。张济鑫^[13]基于系统动力学构建了山东省旅游业绿色发展路径模型,验证了经济-生态-技术协同机制的有效性;胡芳等^[14]通过系统动力学模拟民族地区旅游业低碳转型,发现政策干预与技术创新的协同效应显著强于单一措施。

综上所述,在旅游业的可持续发展以及高质量发展领域皆存在一定的研究成果。然而,将旅游业生态文明视作一个完整的循环系统展开的研究却并不多见。本文通过梳理并测算影响旅游业生态文明发展的各因素之间的量化关系,采用多场景仿真模拟的方式,量化测算不同因素变化对旅游业生态文明发展路径的影响程度,深入研究不同场景下变量的变化对其发展趋势所产生的影响。

2 系统动力学模型构建

本文依托系统动力学模型与 Vensim 平台,结合历史数据及参数调控,模拟不同场景下旅游业生态文明发展趋势,以此支撑后续研究。该方法可拆解各类影响因素^[15],划分相互关联的子系统,识别核心变量并提出对策,助力旅游业生态文明建设。

旅游业生态文明建设兼具环保与社会属性,需兼顾绿色与发展目标。立足国内“双碳”政策背景,参照已有研究及张晶等^[16]的框架,本文构建旅游业生态文明建设系统动力学模型。模型包含经济、生态、技术、政策四大相互作用的子系统,分别对应产业效益、环境压力、创新驱动

与制度调控。研究基于四大维度开展仿真分析,动态模拟不同发展模式下的建设趋势,为“双碳”背景下旅游业生态文明建设提供对策参考。

表1 旅游业生态文明建设系统

经济系统	国内生产总值、旅游总人数(包含入境游客)、旅游总收入(包含国际旅游收入)、住宿和餐饮业收入、星级饭店个数、农林牧渔产值、文化产业增加值
生态系统	人均公园绿地面积、森林覆盖率、旅游业能耗强度、二氧化硫排放总量、全国能源消耗量、碳排放强度
技术系统	旅游科研投入、旅游业绿色专利申请数量
政策系统	环境保护税、环境保护支出

2.1 各子系统因果关系分析

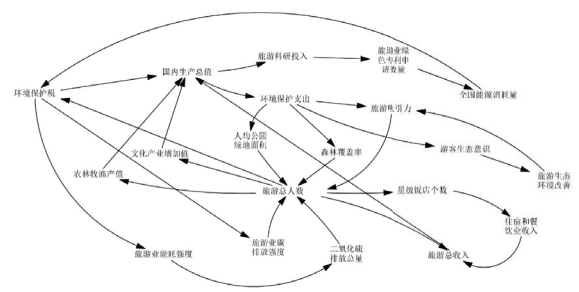


图1 旅游业生态文明建设系统因果关系图

2.2 流量存量模型

本文通过对旅游业生态文明建设相关研究的学术梳理、案例研判,依循系统构建准则,锁定子系统变量,剖析其间因果,得出旅游业生态文明建设系统存量流量图,如图2所示。

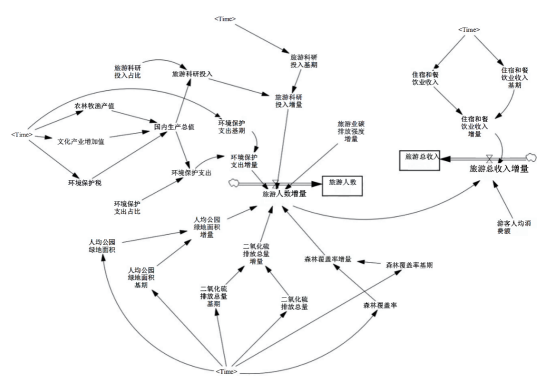


图2 旅游业生态文明建设系统存量流量图

2.3 数据来源与分析

在旅游业生态文明建设的系统动力学模型中,各子系统变量数据来源广泛,涵盖官方统计机构与多种专业年鉴资料。其中包括国家统计局、国泰安数据库、国家统计局数据发布库、文化和旅游部数据中心,以及《中国统计年鉴》《中国旅游统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国文化和旅游统计年鉴》和《旅游抽样

调查资料》(2018—2022 年), 这些来源为模型构建提供了坚实的数据支撑。对于缺失数据, 使用线性插值法、回归分析法进行补充。

表2 主要方程

系统	主要变量
经济系统	旅游总人次=旅游人数增量+基期旅游人数
	旅游人数增量=15050.6+2.053*旅游科研投入增量+7.851*环境保护支出增量+2601.82*森林覆盖率增量-56370.9*人均公园绿地面积增量-
	18.246*二氧化硫排放总量增量+82236.4*旅游业碳排放强度增量
	旅游总收入=旅游总收入增量+旅游总收入基期
生态系统	住宿和餐饮业收入增量=住宿和餐饮业收入-住宿和餐饮业收入基期
	游客人均消费额=1785, 单位元
	人均绿地面积增量=人均公园绿地面积-人均公园绿地面积基期
技术系统	森林覆盖率增量=森林覆盖率-森林覆盖率基期
	二氧化硫排放总量增量=二氧化硫排放总量-二氧化硫排放总量基期
	旅游科研投入=国内生产总值*旅游科研投入占比, 单位亿元
政策系统	旅游科研投入增量=旅游科研投入-旅游科研投入基期
	环境保护支出=国内生产总值*环境保护支出占比, 单位亿元
	环境保护支出增量=环境保护支出-环境保护支出基期

3 SD 模型的仿真与分析

3.1 模型检验

本文采用 2018—2022 年历史数据完成模型调试与检验, 并以现有发展态势设定 2022—2028 年基准情景。选取人均公园绿地面积、农林牧渔业总产值、碳排放强度三项指标开展历史拟合检验, 仿真结果与实际数据对比见表 3。数据显示, 模型整体偏差率峰值为 10.99%, 均值 3.633%; 其中人均公园绿地面积偏差均值与最大值均为 0.692%, 拟合度最高; 农林牧渔业总产值最大偏差 - 5.48%、均值 5.988%; 碳排放强度最大偏差 10.99%、均值 4.936%。整体来看模型拟合效果良好, 符合实际情况, 可用于后续研究, 见表 3。

3.2 情景设计

本文从通过调节参数并设置不同发展情景, 在不对

国内旅游总收入和国内旅游总人数系统模型进行干涉的情况下, 调整参数并设置多类情景开展仿真。通过变动碳排放强度、环保支出、旅游业科研投入, 划分三种发展模式: 政策驱动模式将碳排放强度从基准 100% 下调至 50%、10%; 创新引领模式把旅游科研投入占比由基准 10% 提升至 50%、100%; 环境规制模式将环保支出占比从基准 20% 增至 50%、100%。对比仿真结果发现, 三者对旅游业生态文明建设的影响程度依次为碳排放强度、旅游科研投入占比、环境保护支出占比, 落实“双碳”政策的成效优于单纯加大技术投入与环保支出。

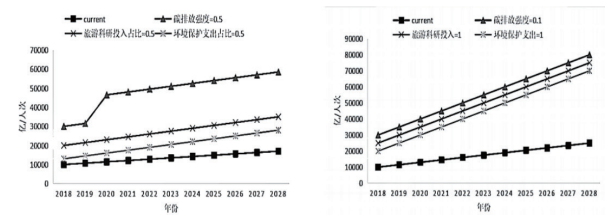


图3 不同情境下旅游人数仿真结果趋势

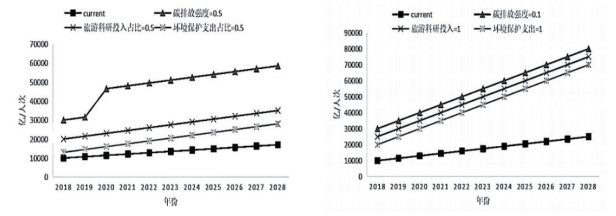


图4 不同情境下旅游收入仿真结果趋势

4 对策建议

4.1 梳任务脉络纹理, 推旅游业生态多要素协同效应

旅游业生态文明建设的过程要厘清主线, 分清主要矛盾和关键点, 充分考虑其他次要因素, 有顺序地开展旅游业生态文明建设事业。首先, 要把践行“双碳”政策置于旅游业生态文明建设的首要位置。以低碳旅游作为旅游行业实现绿色发展, 开展生态文明建设的主要抓手, 其他任务措施要服务于或不能违背这一关键要素。其次, 根据前述研究结果, 在整个生态文明建设的系统中, 科研投入的效应产出带来的效果强于环境规制下的环境保护支出, 绿色创新科研技术有助于我们更好地理解旅游对环境的影响,

表3 旅游业生态文明建设系统动力学模型检验结果

年份	人均公园绿地面积 (平方米/人)	真实值			模拟值			偏差率	
		农林牧渔产值 (亿元)	碳排放强度 (%)	人均公园绿地面积 (平方米/人)	农林牧渔产值 (亿元)	碳排放强度 (%)	人均公园绿地面积 (平方米/人)	农林牧渔产值 (亿元)	碳排放强度 (%)
2018	14.11	113579.50	1	14.26	115016.95	0.98	1.08%	1.27%	-2.42%
2019	14.36	123967.90	0.84	14.52	120997.83	0.81	1.11%	-2.40%	-3.12%
2020	14.78	137782.20	0.63	14.78	127289.72	0.67	0.00%	-7.62%	6.50%
2021	14.87	147013.40	0.51	15.05	133908.78	0.57	1.19%	-8.91%	10.99%
2022	15.29	156065.90	0.48	15.32	140872.04	0.47	0.18%	-9.74%	-1.65%

从而制定出科学合理的保护措施,最大限度上减少对生态环境带来的破坏。与此同时,来自政府的环境规制虽然置于低碳生产消费和绿色科技创新的后位,但其作为生态文明建设机制的强制性要求发挥着不可替代的作用,合理的环境规制具有生态文明建设的补充和调控作用。最后,作为旅游业生态文明建设的其他辅助性要素,如森林覆盖率、人均公园绿地面积、GDP 以及其他相关产业的发展情况等,都将作为生态文明建设框架的末端,最终以科学有序的任务流长效推动旅游业生态文明建设。

4.2 深化低碳技术应用,促旅游业绿色转型

碳排放强度是旅游业生态文明建设的核心杠杆,其降低可显著提升旅游经济与生态效益的协同性。低碳生产是旅游业生态文明建设中必须攻克的重难点问题,各级旅游政府部门要发挥好监管与规制作用,肩负起低碳绿色旅游的组织者职责、引领者职责和监督者职责,整合政府、企业、社会组织等各方资源,促进城市旅游业与其他相关产业,如能源、交通和环保等部门的合作,实现资源共享、信息互通,在低碳发展工作中形成合力;推行“低碳技术补贴+绿色金融”组合政策,对采用新能源旅游巴士、智能节能酒店的企业给予税收减免,同时鼓励银行开发“旅游业绿色信贷”产品,降低低碳转型的融资成本;建立健全旅游企业绿色认证机制,积极引导企业严格执行绿色标准,保障我国旅游产业绿色发展。

4.3 加大科研投入,添旅游业创新动能

旅游科研投入对绿色技术创新的驱动作用具有滞后性,需长期持续投入以释放效能。创新发展是旅游业生态文明建设中不可或缺的关键力量,由科研投入所产生的新质生产力,更是推动旅游业迈向绿色低碳发展之路的重要驱动力。政府部门应加大对旅游科研的资金支持,着眼新需求,加紧进行文化和旅游信息化建设进程,大力促进数字化、网络化以及智能化的发展态势,积极引导 5G、人工智能、物联网、大数据、云计算等先进技术在旅游领域广泛加以应用^[17];设立专项基金鼓励高校和科研机构开展旅游低碳技术研发、旅游资源可持续利用等相关课题的研究,顺应人工智能和数字经济的发展潮流,将新一代科学技术融入到旅游产业的规划与管理过程中,构建出追求独特性、极具科技感且强调体验感的旅游产业新范式。同时,建立产学研合作机制,促使科研成果能够快速转化为实际应用,将新的节能减排技术应用到酒店、景区的运营中。

4.4 落实环保支出,保旅游业生态效益

环境保护支出的短期效益有限,但长期累积效应不

可忽视,需结合区域生态修复需求优化资金配置。在环境保护支出方面,旅游管理部门应将环境保护支出纳入长期财政预算,保证资金的稳定投入,用于生态修复、环境监测等项目;由地方政府牵头,整合区域内各旅游景区、企业上缴的部分环境保护资金,汇聚成区域环保基金池,共同攻克跨区域生态难题;加大对节能、节水改造的支出力度,开展清洁生产审核,推动旅游企业大力加强能源管理体系建设,采用新技术、新能源,实现节能减排,提高能源效率。同时结合低碳理念和环保要求,开发低碳旅游产品和服务,建立多元化的环境保护资金筹集渠道,如通过发行绿色债券、接受社会捐赠等方式,增加环保资金总量,增进旅游目的地环境质量水平,推动旅游产业可持续发展进程。

参考文献:

- [1] 周国模,邱亦维,徐林.碳中和:基于林业的解决路径研究[J].特区实践与理论,2021,(05):37-44.
- [2] 卢燕,符超,张天博.保护生态环境呈现美丽中国建设的生动场景[J].绿色中国,2023,(11):26-34.
- [3] 杨颖.绿色金融对区域经济低碳转型的影响研究[D].兰州:兰州大学,2022.
- [4] 王毅.推进生态文明建设的顶层设计[J].中国科学院院刊,2013,28(02):150-156.
- [5] 中共中央国务院.关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见.[N].人民日报,2024-8-12(3).
- [6] HAFEZI M, STEWART R A, SAHIN O, et al. Evaluating coral reef ecosystem services outcomes from climate change adaptation strategies using integrative system dynamics[J]. Journal of Environmental Management, 2021, 285: 112082.
- [7] 毛杰.新时期文化与旅游产业融合的创新发展战略研究[J].产业创新研究,2024(22):70-72.
- [8] 张军,辛园林.新质生产力赋能新疆冰雪体育旅游产业高质量发展研究[J].西部学刊,2024(21):5-9.
- [9] GÖSSLING S. Carbon neutral destinations: A conceptual analysis [J]. Journal of Sustainable Tourism, 2009, 17(1):17-37.
- [10] 何海乐.美好生活视域下旅游业可持续发展的伦理审视[D].湘潭:湖南科技大学,2021.
- [11] 赵攀,刘芳,陈颖.低碳旅游视角下成都市旅游企业商业模式创新研究[J].中小企业管理与科技,2024,(10):131-133.
- [12] 冯学钢,李志远.新质生产力与旅游业高质量发

展：动力机制、关键问题及创新实践[J]. 上海经济研究, 2024(09): 38-48+5.

[13] 张济鑫, 2024. 基于系统动力学的山东省旅游业绿色发展路径研究[D]. 济南: 山东师范大学.

[14] 胡芳, 李誉博, 2024. 基于系统动力学的民族地区旅游业低碳化转型模式研究[J]. 生态经济, 40(09): 135-142.

[15] 马历, 龙花楼. 中国乡村地域系统可持续发展模拟仿真研究[J]. 经济地理, 2020,40(11):1-9.

[16] 张晶, 杨迪, 祝金会等. 系统动力学视角下城市

群绿色低碳路径研究[J]. 科技和产业, 2021,21(11):307-314.

[17] 孙盼盼, 齐飞, 夏杰长. 中国式现代化视域下旅游业绿色低碳发展的理论内涵与实践进路[J]. 重庆社会科学, 2024(07):53.

基金项目：文化和旅游宏观决策课题（2024HGJCG13）。

作者简介：常春朋（2001—），女，汉族，河南三门峡人，硕士研究生，研究方向：生态文明、乡村旅游。

* 通讯作者：张波（1972—），男，汉族，山东鄄城人，博士，教授，研究方向：生态文明、乡村旅游。