

Study on the Sustainable Development in Heritage Tourism of Jiuzhaigou Based on Genetic Algorithm Optimization*

Ning Yuan, Na Huang, Keqin Sun

School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing
Email: yuann31@126.com

Received: Apr. 3rd, 2013; revised: Apr. 26th, 2013; accepted: May 4th, 2013

Copyright © 2013 Ning Yuan et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: World Heritage properties represent the most valuable natural and cultural landscapes, they are the common wealth of all mankind. As a worldwide phenomenon, heritage tourism has become one of the most effective forms for people to be in great harmony with the outside world. The research on sustainable development of heritage tourism is also of great significance. Jiuzhaigou UNESCO World Heritage site is selected as the research area in this paper. Firstly, an indicator system including 4 sorts (tourism economy and market development capability, environment protection ability, basic resources of heritage tourism, “software” and “hardware” conditions of tourism) and 28 factors is established. Secondly, this paper uses the nonlinear model in combination with the MATLAB genetic toolbox to analyze this indicator system. Thirdly, the grades of sustainable development capability of Jiuzhaigou can be worked out. The results show that the nonlinear model established in this paper is widely universal and operational, and measures can be taken to improve the sustainable development level of Jiuzhaigou according to the analysis.

Keywords: Jiuzhaigou; Heritage Tourism; Genetic Algorithm; Sustainable Development

基于 GA 优化的九寨沟遗产旅游可持续发展研究*

袁 宁, 黄 纳, 孙克勤

中国地质大学地球科学与资源学院, 北京
Email: yuann31@126.com

收稿日期: 2013 年 4 月 3 日; 修回日期: 2013 年 4 月 26 日; 录用日期: 2013 年 5 月 4 日

摘 要: 世界遗产代表着最有价值的自然景观和人文景观, 是人类共同的宝贵财富。遗产旅游作为国际性的广域旅游活动已成为人类求取与外部世界高度和谐的最有效形式之一, 研究遗产旅游的可持续发展变得尤为重要。本文以九寨沟为例, 首先构建了九寨沟遗产旅游可持续发展评价的 4 大类(旅游经济与市场开拓能力, 环境保护能力, 遗产旅游基础资源, 旅游软、硬件环境)与 28 个具体指标; 然后运用非线性模型, 结合 MATLAB 的遗传算法工具箱进行实例分析; 最后得出九寨沟分类可持续发展能力与综合可持续发展能力等级。结果表明, 所构建的非线性模型具有广义的普适性与可操作性, 能够对九寨沟遗产旅游的可持续发展提供合理的改进。

关键词: 九寨沟; 遗产旅游; 遗传算法; 可持续发展

*基金项目: 教育部人文社会科学研究规划项目基金: 中国的世界自然遗产管理与可持续发展研究, 项目批准号: 09YJA630150。

1. 引言

截止到 2012 年 7 月第 36 届世界遗产大会闭幕,全世界已有世界遗产 962 项。我国以 43 项的遗产数目位列世界第三,仅次于意大利和西班牙。“世界遗产”作为具有广域旅游市场的国际级旅游地正日益受到学者、媒体和公众的关注。但由于我国具体国情的限制,世界遗产地的保护与开发工作仍需完善,管理体系与模式有待与世界先进水平接轨。因此,对我国世界遗产地的可持续发展水平有一个客观的认识至关重要。

国内外众多学者对于区域可持续发展问题作了许多具有创新性的探索工作。国外, Hende 等尝试用旅游者经历和资源保护程序(VERP)方法开展旅游可持续发展评价研究^[1]; Mónica 等运用 ANP-DELPHI 方法相结合对其进行评价^[2]; Hunter 等初步探讨了生态足迹理论在旅游可持续发展评价研究中的应用^[3]; Doody 等运用 Q-method 研究社区居民对于可持续发展的认知,并将其作为实现当地可持续发展的首要考虑问题^[4]; Adnan 等从管理决策的角度考虑构建区域可持续发展评价指标体系^[5]。国内,范秋梅等从生态环境的角度探讨了旅游景区的可持续发展问题^[6];崔凤军等对于区域旅游可持续发展评价指标体系作了初步研究^[7];李艳双等将运筹学中的重要方法 DEA (Data Envelopment Analysis)引入旅游可持续发展能力研究中^[8]。本文在前人研究的基础上,结合九寨沟自然遗产地的特征,构建了九寨沟遗产旅游可持续发展评价指标体系,并运用遗传算法(Genetic Algorithm)对其可持续发展能力进行评价,以期达到对九寨沟可持续发展水平的客观认识。

2. 遗产旅游可持续发展评价体系

自1987年我国首批世界遗产认定以来,我国的世界遗产在国内外的知名度迅速提高,接待人数急剧增长。如武夷山自1999年被列入《世界遗产名录》以来,年均接待人数以20%高速递增^[9]。旅游开发给遗产地带来巨大经济效益的同时也产生了诸多负面效应,如生态破坏、环境容量超载等。因此,有关遗产地旅游可持续发展的问題逐渐得到了学术界和旅游管理部门的高度重视。本文以九寨沟为例从旅游可持续发展评价体系的角进行了初步探究。

可持续发展强调“自然-社会-经济”这一复合体系的协同进化^[10]。因此对旅游可持续发展水平的评价应同时包含社会经济因素与自然环境因素。本文在可持续发展目标的指导下,遵循科学性、动态性、可比性、可操作性等原则,以九寨沟为例构建了如表1所示的指标体系。

1) 旅游经济与市场开拓能力:从经济学的角度出发,以实现“经济人”利益最大化的目标追求为评价标准,主要从经济效益的优劣和市场环境的建设等方面对旅游经济环境进行评价^[7];

2) 环境保护能力:良好的生态环境是遗产地得以持续的根本,生态环境恶化一方面会降低社区居民的生活质量,另一方面还会妨碍旅游资源的合理开发,进而影响旅游业的发展,可以说环境质量的好坏是鉴别遗产地旅游可持续发展的主要因子^[11];

3) 遗产旅游基础资源:旅游资源的优劣直接影响遗产地旅游业发展的最终水平,优质的旅游资源是吸引游客、发展旅游业的前提;

4) 旅游软、硬件环境:遗产地的旅游开发需要有配套设施作支撑。良好的软硬件设施是影响游客重返率和停留时间的重要因素。

3. 基于 GA 优化的九寨沟旅游可持续发展评价

3.1. 研究区域概况

九寨沟位于四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县境内(32°54'~33°19'N, 103°46'~104°04'E),是青藏高原向四川盆地陡跌的两大地貌单元的过渡地带^[12],因为有九个藏族村寨而得名。1992年12月,九寨沟被联合国教科文组织列为《世界遗产名录》,因其符合遴选标准“包括最显著的自然现象或特殊的自然美景和具美学价值的地区”而成为中国首批自然遗产。九寨沟的旅游人数从1992年的不足20万增长到了2012年的364.29万,景区环境容量已达饱和(根据2001年出台的《九寨沟风景名胜区总体规划修编》,其年游客容量为300万)。因此,研究九寨沟遗产旅游的可持续发展具有重要意义。

3.2. 主要研究方法——遗传算法

遗传算法是一类借鉴生物界的进化规律——“适

Table 1. Evaluation indicator system of sustainable development of heritage tourism of Jiuzhaigou
表1. 九寨沟遗产旅游可持续发展评价指标体系

目标层 <i>Q</i>	准则层 <i>U</i>	指标因子层 <i>C</i>	数据来源
九寨沟遗产旅游可持续发展评价 <i>Q</i>	旅游经济与市场开拓能力 <i>U</i> ₁	景区年接待总人数 <i>C</i> ₁	统计资料
		景区年门票总收入 <i>C</i> ₂	统计资料
		县区年旅游外汇收入 <i>C</i> ₃	统计资料
		景区接待人数的年增长率 <i>C</i> ₄	统计资料
		景区门票收入的年增长率 <i>C</i> ₅	统计资料
		县区旅游外汇收入的年增长率 <i>C</i> ₆	统计资料
		旅游景区级别 <i>C</i> ₇	统计资料
		旅游产品开发 <i>C</i> ₈	专家评估
	环境保护能力 <i>U</i> ₂	景区森林覆盖率 <i>C</i> ₉	统计资料
		景区空气质量优良率 <i>C</i> ₁₀	统计资料
		县区工业烟尘排放量达标率 <i>C</i> ₁₁	统计资料
		县区饮用水源水质达标率 <i>C</i> ₁₂	统计资料
		县区污水处理率 <i>C</i> ₁₃	统计资料
		县区工业废水排放量达标率 <i>C</i> ₁₄	统计资料
	遗产旅游基础资源 <i>U</i> ₃	自然灾害威胁性(逆指标) <i>C</i> ₁₅	专家评估
		旅游资源等级 <i>C</i> ₁₆	专家评估
		遗产资源原真性 <i>C</i> ₁₇	专家评估
		遗产资源稀缺性 <i>C</i> ₁₈	专家评估
		遗产资源集聚性 <i>C</i> ₁₉	专家评估
		遗产资源规模丰度 <i>C</i> ₂₀	专家评估
		景区旅游从业人员基本素质 <i>C</i> ₂₁	走访调查
		本科及以上学历占景区管理人员比例 <i>C</i> ₂₂	统计资料
	旅游软、硬件环境 <i>U</i> ₄	交通通达性 <i>C</i> ₂₃	走访调查
		政府投入 <i>C</i> ₂₄	走访调查
		科研支持 <i>C</i> ₂₅	走访调查
		社区居民满意度 <i>C</i> ₂₆	走访调查
		县区星级宾馆数量 <i>C</i> ₂₇	统计资料
		县区餐饮设施水平 <i>C</i> ₂₈	走访调查

者生存，优胜劣汰”遗传机制演化而来的随机搜索算法，是用于处理一般非线性数学模型的一种新的优化方法^[13]。遗传算法对评价指标的个数及选取在一定条件下具有较强适应度，对可行解表示出广泛性、群体搜索特性和不需要辅助信息等优点，并且，它不依赖于问题的具体领域，对问题的种类有很强的鲁棒性，因此广泛用于许多学科。

3.3. 分类单项指标的发展指数普适公式

本文将九寨沟旅游可持续发展评价指标归纳为

旅游经济与市场开拓能力、环境保护能力、遗产旅游基础资源和旅游软、硬件环境四大类，它们的非线性发展程度可用 S 型生长曲线表示为：

$$PI_j = \frac{1}{1 + a_j e^{-b_j C_j}} \quad (1)$$

式中 C_j 为指标 j 的值； a_j 、 b_j 为与指标 j 特性有关的待估参数。若对各单项指标的数值 C_j 分别进行规范化处理，使不同指标的同级标准规范化后的数值差异不大（一般不超过1个数量级为宜），则同一类中不同指标的

公式中的参数 a_j, b_j 可视为相同, 从而可用遗传算法对参数优化。因而式(1)可用以下普适公式代替:

$$PI_j = \frac{1}{1 + ae^{-bx_j}} \quad (2)$$

式中, x_j 为经过规范化处理后的数值。

3.4. 可持续发展综合分指数

可用如下公式表示:

$$PI(U) = \sum_{j=1}^n W_j PI_j \quad (3)$$

式中, PI_j 为由式(2)计算的 j 指标的发展指数, W_j 为 j 指标的广义对比归一化权值, n 为相对于 U 层而言的 C 层指标个数。考虑到将单项发展指数综合成综合分指数时, 应适当增强指数 PI_j 较小的指标的作用, 而适当削弱 PI_j 较大的指标的作用, 宜采用按指数所属等级对比加权公式计算权值:

$$W'_j = \begin{cases} (u_j/2)^{1/2} & 0 \leq u_j < 0.5 \\ 1 - [(1-u_j)/2]^{1/2} & 0.5 \leq u_j \leq 1 \end{cases} \quad (4)$$

对划分为 5 级标准, 当 PI_j 分别属于 I, II, III, IV, V 级时, u_j 分别取 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 计算出 W'_j 分别为 0.224, 0.387, 0.5, 0.613, 0.776。求出 W'_j 后, 还需归一化为 W_j 。

3.5. 可持续发展综合指数

首先要确定每类指标的可持续发展综合分指数权重。本文选用层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)确定各分指数权重。其特点是把复杂问题中的各种因素通过划分为互为联系的有序层次, 使其条理化, 根据专家意见与分析者的客观判断^[14], 通过两两比较的方式确定层次中诸要素的相对重要性, 然后运用数学方法得出层次中诸要素的权重值。运用层次分析法得出的各类指标权重 W_U 分别为: 0.2558, 0.3888, 0.2312, 0.1242。

最后得到九寨沟旅游可持续发展的综合指数公式(5):

$$PI = \sum_{U=1}^4 W_U PI(U) \quad (5)$$

3.6. 九寨沟遗产旅游可持续发展的实证分析

数据及评价标准如表 2 所示, 各级标准及数据均经过规范化处理。

4 个准则层的目标函数均构造为:

$$\min f(x) = \min \sum_{k=1}^5 \sum_{j=1}^n |PI_{kj} - PI_k| \quad (6)$$

式中, PI_{kj} 为由式(2)计算得到的 j 指标的 k 级标准的指数值; PI_k 为由式 $PI_k = I_0 (I_9/I_0)^{i/9}$ 计算的 k 级目标值($I_0 = 0.01, I_9 = 0.99$), 当 $i = 1, 3, 5, 7, 9$ 时, 得到 5 级标准相应的目标值分别为 $PI_1 = 0.0106, PI_2 = 0.0463, PI_3 = 0.1284, PI_4 = 0.3562, PI_5 = 0.99$; n 为每个准则层中的指标个数。用公式(2)中的参数 a, b 时, 4 类指标的 a, b 初始值设定范围均为 $a \in [0, 250]; b \in [0, 50]$ 。将表 2 中的 4 类指标的分级标准值代入公式(2)和(6), 运用 MATLAB 软件的遗传算法工具箱得到划分为 5 级标准的 4 类单项指标的近似最优解发展指数普适方程(7)。

$$\begin{aligned} PI(U_1) &= \frac{1}{1 + 108.7768e^{-0.5065x_j}} \\ PI(U_2) &= \frac{1}{1 + 150.3929e^{-0.4814x_j}} \\ PI(U_3) &= \frac{1}{1 + 118.6936e^{-0.2298x_j}} \\ PI(U_4) &= \frac{1}{1 + 171.2888e^{-0.6035x_j}} \end{aligned} \quad (7)$$

根据式(2)~(5)和(7)计算出可持续发展综合分指数和综合指数以及其分级标准, 见表 3。

4. 结论

1) 本文使用的非线性模型更贴近现实, 使用 MATLAB 软件中的遗传算法工具箱对九寨沟遗产旅游可持续发展的评价结果表明, 九寨沟的旅游经济与市场开拓能力处于 V 级标准, 即可持续发展能力强; 环境保护能力、遗产旅游基础资源处于 IV 级标准, 即基本可持续; 旅游软、硬件环境处于 III 级标准, 即初步可持续。整体来看, 九寨沟处于从基本可持续到可持续发展的过渡阶段, 可持续发展能力较强。通过分析具体指标得出, 九寨沟在旅游产品开发、污水处理水平、自然灾害防御能力、交通通达性、餐饮住宿条件、旅游从业人员素质等方面仍存在不足, 有待

Table 2. Evaluation criteria of sustainable development of heritage tourism of Jiuzhaigou
表2. 九寨沟遗产旅游可持续发展评价标准

指标分类	原指标及单位	规范化指标 x_j	规范化指标 x_j 的评价标准					九寨沟指标值
			I 级(很弱)	II 级(弱)	III 级(初步可持续)	IV 级(基本可持续)	V 级(强)	
U_1	C_1 (万人)	x_1	0.3	0.6	1.2	2.4	5	2.82
	C_2 (万元)	x_2	0.5	1	2.1	4.3	9	5.39
	C_3 (万美元)	x_3	0.5	0.9	1.7	3.2	6	2.34
	C_4 (%)	x_4	0	3	6	9	12	22.75
	C_5 (%)	x_5	0	3	6	9	12	29.21
	C_6 (%)	x_6	0	3	6	9	12	20
	C_7 (数值)	x_7	1	2	3	4	5	5
	C_8 (数值)	x_8	1	2	3	4	5	2.8
	C_9 (%)	x_9	1	3	5	7	9	6.35
	C_{10} (%)	x_{10}	6	7	8	9	10	10
U_2	C_{11} (%)	x_{11}	2	4	6	8	10	10
	C_{12} (%)	x_{12}	3	5	9.3	9.6	10	10
	C_{13} (%)	x_{13}	2	4	6	8	10	6.5
	C_{14} (%)	x_{14}	3	5	7	9	10	10
	C_{15} (数值)	x_{15}	2	2.5	3.3	5	10	2.7
	C_{16} (数值)	x_{16}	1	2	3	4	5	4.6
	C_{17} (数值)	x_{17}	1	2	3	4	5	4.3
	C_{18} (数值)	x_{18}	1	2	3	4	5	4.3
U_3	C_{19} (数值)	x_{19}	1	2	3	4	5	3.7
	C_{20} (数值)	x_{20}	1	2	3	4	5	4.1
	C_{21} (数值)	x_{21}	1	2	3	4	5	2.5
	C_{22} (%)	x_{22}	2	4	6	8	10	6.1
	C_{23} (数值)	x_{23}	1	2	3	4	5	2.4
	C_{24} (数值)	x_{24}	1	2	3	4	5	3.6
	C_{25} (数值)	x_{25}	1	2	3	4	5	4
	C_{26} (数值)	x_{26}	1	2	3	4	5	3.1
U_4	C_{27} (数值)	x_{27}	0	8	16	24	32	14
	C_{28} (数值)	x_{28}	1	2	3	4	5	2.8

注: 指标的变换规则: $x_1 = C_1/10^2$, $x_2 = C_2/10^4$, $x_3 = C_3/10^3$, $x_4, 5, 6, 7, 8 = C_4, 5, 6, 7, 8$, $x_9, 10, 11, 12, 13, 14 = C_9, 10, 11, 12, 13, 14/10$, $x_{15} = C_{15}^{-1} \times 10$, $x_{16}, 17, 18, 19, 20, 21 = C_{16}, 17, 18, 19, 20, 21$, $x_{22} = C_{22}/10$, $x_{23}, 24, 25, 26, 27, 28 = C_{23}, 24, 25, 26, 27, 28$

Table 3. Classification criteria of partial index and integrated index of sustainable development and the value of Jiuzhaigou's partial index and integrated index
表3. 可持续发展综合分指数和综合指数的分级标准及九寨沟综合分指数和综合指数值

指标分类	可持续发展分级标准					九寨沟综合分指数和综合指数值
	I 级(很弱)	II 级(弱)	III 级(初步可持续)	IV 级(基本可持续)	V 级(强)	
$PI(U_1)$	0.011238	0.028005	0.086892	0.235986	0.455197	0.475706
$PI(U_2)$	0.034825	0.068036	0.171105	0.274667	0.435142	0.336444
$PI(U_3)$	0.01049	0.013165	0.01651	0.020687	0.025893	0.021786
$PI(U_4)$	0.01104	0.074743	0.171879	0.223663	0.293611	0.174192
PI	0.020211	0.045943	0.113896	0.199718	0.328075	0.279167

提高。

2) 基于 GA 优化得出的可持续发展综合分指数公式不仅适用于表 2 中的分类单项指标的指数计算, 对于某类中的新指标, 只要选择合适的因子, 对该指标进行规范化处理后的各级标准值, 与表 2 中该类的其余指标相应的标准值差异不大, 由于 GA 具有鲁棒性, 就可认为该指标是否加入该类用 GA 优化公式中的参数, 对最终优化得出的参数值 a 、 b 无显著影响, 即公式(7)对该新指标同样适用。因此, 公式(7)具有广义普适性^[15]。

参考文献 (References)

- [1] J. Hendee, G. Stankey and R. C. Lucas. Wilderness management. Golden: Fulcrum Press, 1990.
- [2] G. M. Mónica, G. N. Tomás and A. D. Silvia. A combined ANP-delphi approach to evaluate sustainable tourism. Environmental Impact Assessment Review, 2012, 34: 41-50.
- [3] C. Hunter. Sustainable tourism and the touristic ecological footprint. Environment, Development and Sustainability, 2002, 4(1): 7-20.
- [4] D. G. Doody, P. Kearney, J. Barry, R. Moles and B. O'Regan. Evaluation of the Q-method as a method of public participation in the selection of sustainable development indicators. Ecological indicators, 2009, 9: 1129-1137.
- [5] A. Adnan, M. Hezri and H. Nordin. Management framework for sustainable development indicators in the State of Selangor, Malaysia. Ecological Indicators, 2004, 4(4): 287-304.
- [6] 范秋梅, 孙铁珩. 旅游景区可持续发展问题探讨[J]. 生态经济, 2009, 5: 103-104.
- [7] 崔凤军, 许峰, 何佳梅. 区域旅游可持续发展评价指标体系的初步研究[J]. 旅游学刊, 1999, 4: 42-45.
- [8] 李艳双, 韩文秀, 曾珍香等. DEA 模型在旅游城市可持续发展能力评价中的应用[J]. 河北工业大学学报, 2001, 30(5): 62-66.
- [9] 冷志明, 张铁生. 我国世界遗产地的旅游研究进展及展望[J]. 人文地理, 2009, 6: 111-115.
- [10] 万幼清. 旅游可持续发展评价指标与方法[J]. 统计与决策, 2006, 2: 10-12.
- [11] 李植斌. 区域可持续发展评价指标体系与方法的初步研究[J]. 人文地理, 1998, 13(4): 70-74.
- [12] 袁宁, 范文静, 孙克勤. 地质灾害对世界遗产地可持续发展的影响评价——以自然遗产地九寨沟为例[J]. 中国人口·资源与环境(专刊), 2012, 22(11): 379-382.
- [13] 李祚泳, 汪嘉杨, 熊建秋等. 可持续发展评价模型与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [14] 舒远山, 章锦河, 王妙妙. 基于 AHP 的淮南市旅游资源开发类型评价[J]. 资源开发与市场, 2011, 27(4): 359-362.
- [15] 李祚泳, 彭荔红, 程红霞. 基于 GA 优化的城市可持续发展评价的普适公式[J]. 系统工程, 2000, 18(6): 6-10.