

DOI: 10.5846/stxb201404020617

周彬, 赵宽, 钟林生, 陈田, 虞虎. 舟山群岛生态系统健康与旅游经济协调发展评价. 生态学报, 2015, 35(10): 3437-3446.

Zhou B, Zhao K, Zhong L S, Chen T, Yu H. Coordinated development evaluation of the ecosystem health and the tourism economy of Zhoushan Islands. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(10): 3437-3446.

舟山群岛生态系统健康与旅游经济协调发展评价

周 彬^{1,2}, 赵 宽³, 钟林生^{2,*}, 陈 田², 虞 虎²

1 宁波大学人文学院旅游系, 宁波 315211

2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

3 怀卡托大学中国-新西兰旅游研究中心, 新西兰 哈密尔顿 3240

摘要:在界定生态系统健康与旅游经济协调发展定义的基础上, 构建了海岛目的地生态系统健康和旅游经济协调发展评价的指标体系, 采用改进的 TOPSIS 法对 2000—2012 年舟山群岛生态系统健康和海岛旅游业的协调发展状况进行了定量评价, 运用障碍度模型对其协调发展的障碍因素进行了分析, 并使用 Logistic 模型对 2013—2015 年协调发展状态进行了预测。研究表明: (1) 2000—2012 年, 舟山群岛海岛生态系统健康和旅游经济的静态协调度和动态协调度总体均呈持增加趋势, 静态协调度由 0.6453 增加到 0.7301, 动态协调度由 0.6453 增加至 0.6874; (2) 2000—2012 年, 舟山群岛生态系统健康和旅游经济由初级协调发展型向中级协调发展型演化, 其中 2000—2007 年为初级协调发展型, 2008—2012 年为中级协调发展型; (3) 海洋经济占 GDP 比重、近海海域环境功能区达标率、环保投入占 GDP 比重、公路网密度、城镇化率是影响舟山群岛生态系统健康和旅游经济协调发展的主要障碍因子; (4) 2013—2015 年, 舟山群岛生态系统健康和旅游经济的静态协调度预测值为 0.8335、0.8442 和 0.8543, 动态协调度的预测值为 0.6885、0.6916 和 0.6947, 说明两者的协调发展状态将持续改善。

关键词:生态系统健康; 旅游经济; 协调发展; 舟山群岛

Coordinated development evaluation of the ecosystem health and the tourism economy Zhoushan Islands

ZHOU Bin^{1,2}, ZHAO Kuan³, ZHONG Linsheng^{2,*}, CHEN Tian², YU Hu²

1 Tourism Department of college of liberal arts, Ningbo University, Ningbo 315211, China

2 Institute of Geographical Science and Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

3 The China-New Zealand Tourism Research Unit, the University of Waikato, Hamilton 3240, New Zealand

Abstract: Based on the defining the concept of coordinated development evaluation of the ecosystem health and tourism economy, this paper established an indicator system of coordinated development evaluation of the ecosystem health and the tourism economy of islands destination. By using an improved TOPSIS algorithm, this paper carried out a quantitative evaluation of Zhoushan Islands from 2000 to 2012 in terms of the coordinated development status of its ecosystem health and islands tourism economy. To be specific, an obstacle degree model was firstly used to analyze the obstacles of the coordinated development, and then a Logistic model was used to predict the status of the coordinated development from 2013 to 2015. The results showed that: 1). Between 2000 and 2012, the static and dynamic coordinated development coefficients of ecosystem health and the tourism economy of Zhoushan islands had been increasing consistently with the static coordinated coefficient rising from 0.6453 to 0.7301, and the dynamic coordinated coefficient rising from 0.6453 to 0.6874;

基金项目:国家自然科学基金项目(41301141;41171435);浙江省自然科学基金项目(LY13D010007);浙江省海洋文化与经济研究中心科研项目(12JDHY03YB);宁波市学科带头人培育项目(G12-XK10)

收稿日期:2013-06-20; 网络出版日期:2014-05-30

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhongls@igsnnr.ac.cn

2) between 2000 and 2012, the coordinated development of the ecosystem health and the tourism economy of Zhoushan Islands had evolved from a primary coordinated stage to an intermediate coordinated stage. To be specific, the primary coordinated stage were found located between 2000 and 2007, and the intermediate coordinated stage were found located between 2008 and 2012; 3) The ocean economy/ GDP ratio, the qualification rate of the offshore environmental function zone, the environmental protection cost/ GDP ratio, the density of the road network, the urbanization rate are the major obstacles influencing the coordinated development of the ecosystem health and the tourism economy of Zhoushan islands; 4) It is forecasted that between 2013 and 2015, the predicted static coordinated coefficients of ecosystem health and the tourism economy of Zhoushan islands will be 0.8335, 0.8442 and 0.8543, and the dynamic coordinated coefficients will be 0.6885, 0.6916 and 0.6947, which means the coordinated development between both will keep improving consistently.

Key Words: ecosystem health; tourism economy; coordinated development; Zhoushan Islands

海岛是发展海洋经济和开拓海洋空间的重要依托,是保护海洋生态环境与维护生态系统健康的重要平台。随着海洋资源开发力度的持续加大,作为海洋经济重要组成部分的海岛旅游发展迅速,很多海岛成为了世界著名的旅游目的地。然而海岛是一个相对独立的地理单元,其生态系统具有复杂性、脆弱性和易受外界干扰等特点^[1],旅游经济的快速发展给海岛带来了诸如海域污染、红树林和珊瑚礁破坏、生物资源过度开发、淡水资源短缺、生物栖息地破坏等一系列生态环境问题,极易导致游客游憩质量下降,旅游地本身相对自然、独特和真实的优势也将逐渐丧失^[2],对海岛目的地生态系统健康和旅游业可持续发展极易造成负面影响。因而,如何科学评价海岛目的地生态系统健康与旅游经济之间的协调发展状态,促进两者之间的良性发展就成了一个亟待解决的问题。

生态系统健康评价是宏观生态研究的热点领域之一^[3],是指对生态系统完整性以及对各种风险下维持其健康的可持续能力的识别与研究判断^[4],其过程主要涉及评价指标体系构建、评价因子的标准化方法、指标权重计算和评价指标综合等方面。在评价指标体系构建方面,学者们提出了很多方案,如“系统结构-生态功能-资源功能-社会环境”^[5]方案,“活力-组织结构-恢复力-服务功能”方案^[6],“生态系统组织-活力-恢复力”方案^[7],“压力-状态-响应”模型^[8],“系统结构-生产功能-抗逆功能”方案^[9],“自然要素特征-景观特征-人类扰动”方案^[10],“自然-经济-社会子系统”方案^[11],“承载力-支持力-吸引力-延续力-发展力”^[12]方案等;从使用的研究方法来看,主要有能值分析法^[13]、投影寻踪法^[14]、GIS 和 RS 技术^[15]、集对分析与可变模糊集法^[16]、熵权法^[17]、灰色系统方法^[18]、概率神经网络法^[19]、物元可拓模型法^[20]、因子分析法^[21]、费用-分析法^[22]、距离指数-协调指数评价法^[23]、突变级数法^[24]以及生物物理方法^[25];这些研究涵盖的生态系统主要包括湖泊^[26]、湿地^[27]、河流^[28]、森林^[29]、草原^[30]、海洋^[31-32]、流域^[33]、土地^[34]、农业^[35]等;从涉及的地域单元来看,主要有省域^[36]、城市^[37]、自然保护区^[38]和特殊的地貌单元^[39]。从国内外相关研究文献可以发现:采用系统分析方法对海岛旅游目的地生态系统健康与旅游经济的协调发展评价研究尚处起步阶段;与此同时,从区域角度研究生态环境与旅游经济的辩证关系正在成为旅游生态学研究的前沿问题,但其研究侧重于对生态环境与旅游经济单要素之间的定量分析^[40]。因此,本文以浙江省舟山群岛为例,在界定生态系统健康与旅游经济协调发展概念的基础上,构建两者协调发展的评价指标体系,运用改进的 TOPSIS 法计算各个备选方案的得分,即静态协调度,在此基础上计算研究时段的动态协调度,使用障碍度模型识别影响海岛目的地生态系统健康和旅游经济协调发展的障碍因子,并采用 Logistic 模型预测 2013—2015 年舟山群岛生态系统健康和旅游经济协调发展趋势,以期客观表征其在不同时段的协调发展运行轨迹,并为案例地生态系统和旅游经济可持续发展提供决策参考。

1 理论基础和研究区概况

1.1 生态系统健康与旅游经济协调发展的界定

协调发展是为实现系统总体演进的目标,各子系统之间相互配合、相互协作、相互促进而形成的一种良性

循环的态势,具体表现为子系统间数量规模相互适应、发展速度相互配合、数量比例关系合理,工作进度相互促进,从而形成统一的力量,确实保证实现系统的总体目标^[41]。生态系统健康是指生态系统内部秩序和组织的整体状况,系统正常的能量流动和物质循环没有受到损伤、关键生态成分保留下来、系统对自然干扰的长期效应具有抵抗力和恢复力,系统能够维持自身的组织结构长期稳定,具有自我调控能力,并且能够提供合乎自然和人类需求的生态服务^[42]。旅游经济系统可视为在旅游目的地范围内,由旅游经济活动及其所结成的旅游经济关系、旅游经济部门和组织、旅游经济资源、旅游经济财富等要素组成的有机系统。

旅游地生态系统健康和旅游经济存在互动机制。一方面,健康的生态系统对旅游经济发展起到承载作用,并制约旅游经济的发展速度、质量和规模;在生态系统健康阈值范围内开展旅游活动,可以促进旅游经济的持续发展,反之,则会造成旅游经济衰退。另一方面,旅游经济系统能够为旅游地生态系统的和谐运行维护提供物质保障和技术支撑,通过完善产业结构、创新产业技术和提升产业效率等途径,拓展对旅游地生态系统健康影响的宽度和深度,并通过自适应和自组织推动旅游地生态系统向更高层次演化。因而,生态系统健康和旅游经济协调发展可视做两个系统之间以及系统组成要素之间在发展演化过程中彼此和谐一致、良性循环以及相得益彰的理想状态,即在旅游地生态系统健康的可持续性不断增强、旅游经济数量和质量逐渐提升的前提下,两者能够实现整体性、综合性和内在性的聚合发展,并通过与外部环境的物质循环、能量交换和信息传输,不断地向高级、更有序的方向演化。

1.2 研究区概况

舟山群岛位于长江口以南、杭州湾外缘的浙北海域,121°30′—123°25′E 与 29°32′—31°04′N 之间。舟山群岛共由 1390 个岛屿组成,总面积为 2.22 万 km²,其中海域面积 2.08 万 km²。舟山是我国重要的海洋渔业基地和海洋开发基地、现代化的港口城市和著名的海岛旅游目的地,同时还是国家海洋旅游综合改革试验区、国家旅游综合改革试点城市。舟山群岛以独具特色的佛教文化景观、山海自然景观和海岛渔俗景观闻名于世。2000—2012 年,其游客接待量呈快速增长趋势(图 1),旅游总收入以年均 22.83% 的增长率居长三角地区前列。2012 年,舟山群岛旅游总收入达 266.8 亿元,相当于 GDP 的 31.3%。

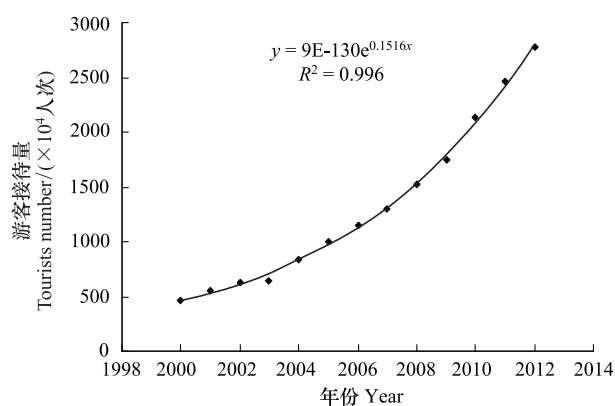


图 1 2000—2012 年舟山群岛游客接待量

Fig. 1 The tourists number of Zhoushan islands from 2000 to 2012

2 研究方法

2.1 评价指标体系构建与数据来源

在分析舟山群岛生态系统和旅游经济发展演变过程的基础上,借鉴生态系统健康^[12, 14, 38]和旅游经济评价相关研究,遵循系统性、科学性、动态性和代表性原则,构建了海岛目的地生态系统健康与旅游经济协调发展评价指标体系(表 1)。对于生态系统健康子系统,采用了经济发展与合作组织(OECD)提出的“驱动力(D)-压力(P)-状态(S)-影响(I)-响应(R)”概念模型构建评价指标体系;对于旅游经济子系统,本文从旅游经济规模、旅游接待能力和旅游经济潜力三个方面选取了 13 个因子作为评价指标。本文所需数据来自《中国城市统计年鉴(2001—2013)》、《浙江省统计年鉴(2001—2013)》、《舟山统计年鉴(2001—2013)》、《舟山市国民经济和社会发展统计公报(2000—2012)》以及《舟山市海洋环境公报(2000—2012)》,缺失的个别数据通过趋势外推和滑动平均的方法计算得出。

2.2 静态协调度的计算

本文引入多属性决策理念,将海岛目的地生态系统健康与旅游经济的协调发展评价看做是对两者各因素

之间协调程度的测量,视其为一个多属性决策问题。把舟山群岛在 2000—2012 年的生态系统健康与旅游经济协调发展状态看做是发展决策中的多个备选方案,故而本文采用改进的 TOPSIS 法计算舟山群岛生态系统健康与旅游经济的静态协调度。TOPSIS 方法最为关键的两个步骤是获取评价指标权重和确定距离计算方法^[43],本文拟从这两个方面对 TOPSIS 法进行改进。传统的 TOPSIS 法主要使用层次分析法和 Delphy 法确定指标权重,但是该方法的计算过程和结果受专家的专业背景和认知能力影响较大。因而,采用层次分析法和熵值法相结合来计算评价指标的综合权重。传统的 TOPSIS 法是以距理想解与负理想解的距离为基础来判断方案贴近理想解的程度,该方法的不足是:与理想解欧氏距离近的方案可能与负理想解的距离也近,按欧氏距离对方案进行排序的结果有时并不能完全反映出各方案的优劣性^[44]。本文使用虚拟最劣样本^[45]改进传统的距离计算方法。

表 1 海岛目的地生态系统健康和旅游经济协调发展评价指标体系

Table 1 The Evaluation Indicators of Coordination Development between Ecosystem Health of Islands Destination and Its Tourism Economy

生态系统健康 Ecosystem health	驱动力	A_1 GDP 增长率(%), A_2 人口自然增长率(%), A_3 海洋经济占 GDP 比重(%), A_4 城镇化率(%), A_5 建成区面积(km^2)
	压力	A_6 人口密度(人/ km^2), A_7 海洋捕捞量(t), A_8 人均道路面积(m^2), A_9 人均住宅面积(m^2), A_{10} 工业废水排放总量(t), A_{11} 工业 SO_2 排放量(t)
	状态	A_{12} 建城区绿化覆盖率(%), A_{13} 城市交通噪声(dba), A_{14} 人均淡水资源(m^3), A_{15} 人均耕地面积(hm^2), A_{16} 单位 GDP 能耗降低率(%), A_{17} 空气质量优良率(%)
	影响	A_{18} 海岛生物多样性指数, A_{19} 人均绿化覆盖面积(hm^2), A_{20} 海岛生境破碎度, A_{21} 近海 I、II 类海水水质标准海域面积比例(%), A_{22} 自然灾害受灾人口(人), A_{23} 社会固定资产投资增速(%)
	响应	A_{24} 工业固体废物达标处理率(%), A_{25} 工业废水达标排放率(%), A_{26} 水环境功能区水质达标率(%), A_{27} 生活垃圾无害化处理率(%), A_{28} 环保投入占 GDP 比重(%), A_{29} 近海海域环境功能区达标率(%)
旅游经济 Tourism economy	旅游经济规模	B_1 海岛旅游总收入(万元), B_2 海岛国际旅游收入(万美元), B_3 海岛旅游收入占 GDP 比重(%), B_4 人均旅游收入(元)
	旅游接待能力	B_5 海岛旅游客运数量(万人次), B_6 海岛旅游周转量(万人次), B_7 星级宾馆数量(个), B_8 旅行社数量(个), B_9 公路网密度(km/km^2)
	旅游经济潜力	B_{10} 海岛旅游总人数(万人次), B_{11} 海岛旅游总人数增长率(%), B_{12} 境外游客接待量(万人次), B_{13} 海岛旅游收入增长率(%)

(1) 构建规范化决策矩阵 $A = (a_{ij})_{m \times n}$, a_{ij} 为评价指标的标准化值, m 为评价对象数, n 为评价指标数。

(2) 构建加权规范化决策矩阵 $B = (b_{ij})_{m \times n}$, $b_{ij} = a_{ij} \times \lambda_j$ ($i = 1-m; j = 1-n$), λ_j 为评价指标的综合权重, 其计算过程为: 先由层析分析法确定评价指标的主观权重 $\lambda_{1j} = (\lambda_{11}, \lambda_{12}, \dots, \lambda_{1j})^T$, 而后使用熵值法计算评价指标的客观权重 $\lambda_{2j} = (\lambda_{21}, \lambda_{22}, \dots, \lambda_{2j})^T$ ($j = 1-n$), 再根据最小相对信息熵原理计算综合权重 $\lambda_j = (\lambda_{1j}, \lambda_{2j})^T$:

$$\min F = \sum_{j=1}^m \lambda_j (\ln \lambda_j - \ln \lambda_{1j}) + \sum_{j=1}^m \lambda_j (\ln \lambda_j - \ln \lambda_{2j}), \text{ st. } \sum_{j=1}^m \lambda_j = 1, \lambda_j > 0 (j = 1-m)$$

(3) 确定理想解 z^+ 、负理想解 z^- 和虚拟最劣解 z^* , 其公式为:

$$z^+ = (\max a_{ij}, j \in J; \min a_{ij}, j \in J^* \mid i = 1-m) = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_n^+) \quad (1)$$

$$z^- = (\min a_{ij}, j \in J; \max a_{ij}, j \in J^* \mid i = 1-m) = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_n^-) \quad (2)$$

$$z^* = 2z_j^- - z_j^+, j = 1-n \quad (3)$$

式中, J 和 J^* 分别代表正向和负向指标集。

(4) 计算距离 每个方案理想解 Z^+ 和虚拟最劣解 Z^* 的距离为 D^+ 和 D^* :

$$D^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - z_j^+)^2} \quad (4)$$

$$D^* = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - z_j^*)^2} \quad (5)$$

(5) 计算每个方案对理想解的相对接近度指数 C_i :

$$C_i = \frac{D^*}{D^* + D^+} \quad (6)$$

C_i 的计算结果即为海岛目的地生态系统健康和旅游经济的静态协调度,其值越大表明两者之间的静态协调发展程度越高。

2.3 动态协调度模型

将海岛目的地生态系统健康和旅游经济视为一个动态系统,为了进一步客观表征两者之间的耦合机理,客观分析其协调关系,本文采用动态协调度模型来描述两者之间协调发展变化,其公式如下^[46] :

$$Cd(t) = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^{T-1} Cs(t-i), 0 < Cd(t) < 1 \quad (7)$$

式中, $Cd(t)$ 表示动态协调度, $Cs(t-T+1)$ 、 $Cs(t-T+2)$ 、 $\cdots$ 、 $Cs(t-1)$ 、 $Cs(t)$ 为舟山群岛生态系统健康与旅游经济在 $(t-T)-t$ 时段中每个时刻的静态协调度。设 $t_2 > t_1$ (任意两个不同时刻), 若 $Cd(t_2) \geq Cd(t_1)$, 则说明生态系统健康和旅游经济处在动态协调发展的阶段。

2.4 障碍度模型

为了采取针对性措施提升舟山群岛生态系统健康和旅游经济的协调发展程度,有必要对影响两者协调发展的障碍因子进行分析,本文采用障碍度模型^[47] 对其进行诊断和分析:

$$E_{ij} = (1 - \alpha_{ij}) \times \lambda_{ij} \times 100\% / \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n (1 - \alpha_{ij}) \times \lambda_{ij} \right) \quad (8)$$

式中, E_{ij} 表示单项指标对海岛目的地生态系统健康和旅游经济协调发展的障碍度, α_{ij} 和 λ_{ij} 分别表示评价指标的标准化值和权重。

2.5 协调度预测模型

本文采用 Logistic 模型对海岛目的地生态系统健康和旅游经济的协调度进行预测,其公式为:

$$F = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (9)$$

F 为协调度的预测值, $z = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_px_p$ (p 为自变量的数量), $b_0, b_1, b_2, \cdots, b_p$ 为 Logistic 回归系数。

2.6 评价标准的确定

截至目前,关于海岛目的地生态系统健康与旅游经济发展协调性发展类型尚无统一的划分标准。结合舟山群岛的实际情况,将其生态系统健康与旅游经济的协调发展水平划分为 3 个大类和 10 个亚类(表 2)。

3 研究结果与分析

3.1 协调度分析

3.1.1 静态协调度及分析

利用改进的 TOPSIS 法计算得出 2000—2012 年舟山群岛生态系统健康与旅游经济协调发展的静态协调度(表 3)。由表 3 可知:舟山群岛生态系统健康与旅游经济的静态协调度总体呈上升趋势,其数值由 2000 年的 0.6453 波动增加至 2012 年的 0.7301,增幅为 0.0848。从静态协调度排序来看:2012 年最大,其 C_i 值为 0.7301,2000 年的静态协调度最小,其 C_i 值为 0.6453。尽管 2000—2012 年舟山群岛生态系统健康与旅游经济

的静态协调状态总体呈改善趋势,但是协调发展的改善程度呈现出显著差异。由静态协调度变化系数来看,2007—2008 年、2005—2006 年和 2000—2001 年 3 个时期的变化系数最大,分别为 0.029、0.0242、0.022,尤其是 2007—2008 年之间的舟山群岛生态系统健康和旅游经济静态协调发展状况最好。然而 2001—2002 年、2002—2003 年、2003—2004 年、2006—2007 年、2009—2010 年和 2010—2011 这 6a 期间的变化系数为负,说明过时间段期间舟山群岛生态系统健康和旅游经济有往不协调方向发展的趋势。

表 2 舟山群岛生态系统健康与旅游经济协调发展水平分类体系及判别标准

Table 2 The Categorization System and Evaluation Standard of the Coordination Degree of Ecosystem Health and Tourism Economy of Zhoushan Islands

协调发展类型 Coordination development types	协调发展亚类 Coordination development subclass	协调度 Coordination degree
失调类型 Imbalance type	极度失调衰退型	0.00—0.99
	严重失调衰退型	0.10—0.19
	中度失调衰退型	0.20—0.29
	轻度失调衰退型	0.30—0.39
过渡类型 Transitional type	濒临失调衰退型	0.40—0.49
	勉强协调发展型	0.50—0.59
协调发展类型 Coordination development types	初级协调发展型	0.60—0.69
	中级协调发展型	0.70—0.79
	良好协调发展型	0.80—0.89
	优质协调发展型	0.90—1.00

表 3 舟山群岛 2000—2012 年生态系统健康与旅游经济协调发展静态协调度

Table 3 Static Coordinated Development Coefficients of the Ecosystem Health and Tourism Economy of Zhoushan Islands from 2000 to 2012

年份 Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
C_i	0.6453	0.6673	0.6582	0.6575	0.6528	0.6684	0.6926	0.6859	0.7149	0.7281	0.7198	0.7153	0.7301
变化系数 Coefficient of variation	—	0.022	-0.0091	-0.0007	-0.0047	0.0156	0.0242	-0.0067	0.029	0.0132	-0.0083	-0.0045	0.0148

C_i :理想解的相对接近度指数,即海岛目的地生态系统健康和旅游经济的静态协调度

3.1.2 协调状态分析

依据协调发展等级划分标准和静态协调度计算结果,对 2000—2012 年舟山群岛生态系统健康和旅游经济协调状态进行判别,结果发现:2000—2007 年为初级协调发展类型,其静态协调度位于 0.6435 和 0.6859 之间;2008—2012 年为中级协调发展类型,其静态协调度位于 0.7149 和 0.7301 之间;舟山群岛生态系统健康和旅游经济发展协调状态由“初级协调发展型”向“中级协调发展型”演化。这说明舟山群岛生态系统健康与旅游经济之间存在着正向关系,随着生态系统健康状况的改善,两者之间的协调状态呈现出向“良好协调发展型”演进的发展趋势。在研究时段,舟山群岛生态系统健康和旅游经济发展有着一致性的同步推进规律,即生态系统健康状况随着旅游经济的持续发展不断改善,生态系统健康的改善同时推动旅游经济发展数量和质量的提升。

3.1.3 动态协调度

基于静态协调度计算结果和动态协调度模型,计算得出了 2000—2012 年舟山群岛生态系统健康与旅游经济协调发展的动态协调度 C_d 值(表 4)。由表 4 可知:舟山群岛生态系统健康与旅游经济的动态协调度从 2000—2012 年总体呈逐渐增长趋势,其数值由 0.6453 增至 0.6874,增幅 0.0421。但在 2004 年,由于 2002—2004 连续三年静态协调度下降的原因致使动态协调度小幅下降至 0.6562,降幅为 0.0009。2004—2012 年,随着舟山群岛生态系统健康和旅游经济继续改善,动态协调度逐年增加至最大值 0.6874。但总的来看,2000—2012 年舟山群岛生态系统健康与旅游经济处于协调发展的轨迹之上。

表 4 舟山群岛 2000—2012 年生态系统健康与旅游经济动态协调度

Table 4 The Dynamic Coordination Value of the Ecosystem Health and Tourism Economy of Zhoushan Islands from 2000 to 2012													
<i>T</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>T'</i>	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<i>C_d</i>	0.6453	0.6563	0.6569	0.6571	0.6562	0.6583	0.6632	0.666	0.6714	0.6771	0.681	0.6838	0.6874

T:年份排序;*T'*:年份;*C_d*:舟山群岛生态系统健康与旅游经济协调发展的动态协调度

3.2 障碍因子分析

依据障碍度模型计算出了 2000—2012 年每个评价指标的障碍度,按照障碍度数值大小选择前 6 项作为主要障碍因子(表 5),并对其出现次数和出现频率进行统计(表 6)。由计算结果可以看出:海洋经济占 GDP 比重、近海海域环境功能区达标率、环保投入占 GDP 比重、公路网密度、城镇化率 6 个因子出现频率大于 6 次,出现频率超过 50%,将其视为影响 2000—2012 年舟山群岛生态系统健康和旅游经济协调发展的主要障碍因子。

表 5 2000—2012 年舟山群岛生态系统健康和旅游经济协调发展的主要障碍因子障碍度

Table 5 The Obstacle Degrees of the Major Obstacle Factors on Coordination of Ecosystem Health and Tourism Economy of Zhoushan Islands from 2000 to 2012

年份 Year	指标排序 Index order											
	1		2		3		4		5		6	
	障碍因素 Obstacle factor	障碍度 Obstacle degree/%	障碍因素 Obstacle factor	障碍度 Obstacle degree/%	障碍因素 Obstacle factor	障碍度 Obstacle degree/%	障碍因素 Obstacle factor	障碍度 Obstacle degree/%	障碍因素 Obstacle factor	障碍度 Obstacle degree/%	障碍因素 Obstacle factor	障碍度 Obstacle degree/%
2000	<i>A</i> ₂₉	5.92	<i>A</i> ₂₈	5.79	<i>B</i> ₁	5.28	<i>B</i> ₉	4.91	<i>B</i> ₄	4.8	<i>B</i> ₅	4.62
2001	<i>A</i> ₂₈	6.59	<i>A</i> ₂₉	6.31	<i>B</i> ₁	5.57	<i>B</i> ₉	5.46	<i>B</i> ₄	5.07	<i>B</i> ₅	4.98
2002	<i>A</i> ₂₈	6.24	<i>A</i> ₂₉	5.71	<i>B</i> ₁	5.04	<i>B</i> ₉	5.02	<i>B</i> ₄	4.59	<i>B</i> ₅	4.51
2003	<i>A</i> ₂₈	6.44	<i>A</i> ₂₉	5.64	<i>B</i> ₁	5.18	<i>B</i> ₉	5.08	<i>B</i> ₅	4.81	<i>B</i> ₄	4.71
2004	<i>A</i> ₂₈	6.69	<i>A</i> ₃	6.54	<i>A</i> ₂₉	5.35	<i>B</i> ₉	5.35	<i>B</i> ₁	4.87	<i>B</i> ₅	4.56
2005	<i>A</i> ₂₈	6.41	<i>B</i> ₉	5.34	<i>A</i> ₃	5.15	<i>A</i> ₂₉	5	<i>B</i> ₁	4.78	<i>B</i> ₄	4.36
2006	<i>A</i> ₃	6.37	<i>A</i> ₂₉	6.29	<i>B</i> ₉	5.67	<i>A</i> ₂₈	5.33	<i>A</i> ₄	5.05	<i>A</i> ₁	4.87
2007	<i>A</i> ₃	6.2	<i>A</i> ₁₂	4.96	<i>A</i> ₂₉	4.95	<i>A</i> ₄	4.82	<i>A</i> ₂₀	4.74	<i>A</i> ₁₉	3.95
2008	<i>A</i> ₃	7.74	<i>A</i> ₁₂	6.54	<i>A</i> ₂₀	6.29	<i>A</i> ₄	5.83	<i>A</i> ₉	5.08	<i>A</i> ₁₅	4.27
2009	<i>A</i> ₃	8.76	<i>A</i> ₁₂	7.83	<i>A</i> ₂₀	7.35	<i>A</i> ₄	6.66	<i>A</i> ₉	5.75	<i>A</i> ₁₈	5.24
2010	<i>A</i> ₃	8.6	<i>A</i> ₁₂	7.29	<i>A</i> ₂₀	7.27	<i>A</i> ₄	6.65	<i>A</i> ₉	5.57	<i>A</i> ₁₅	5.31
2011	<i>A</i> ₃	8.55	<i>A</i> ₂₀	7.19	<i>A</i> ₁₂	6.92	<i>A</i> ₄	6.75	<i>A</i> ₉	5.78	<i>A</i> ₁₈	5.54
2012	<i>A</i> ₃	10	<i>A</i> ₂₀	8.5	<i>A</i> ₄	8.25	<i>A</i> ₁₂	7.26	<i>A</i> ₁₈	7	<i>A</i> ₉	6.75

表 6 2000—2012 年舟山群岛生态系统健康和旅游经济协调发展的主要障碍因子出现频率

Table 6 Occurrence Frequency of Major Obstacle Factors on Coordination of Ecosystem Health and Tourism of Zhoushan Islands Tourism from 2000 to 2012

指标 Index	<i>A</i> ₃	<i>A</i> ₂₉	<i>A</i> ₂₈	<i>B</i> ₉	<i>A</i> ₄	<i>B</i> ₁	<i>A</i> ₁₂	<i>A</i> ₂₀	<i>B</i> ₄	<i>B</i> ₅	<i>A</i> ₉
出现次数 Occurrence number	9	8	7	7	7	6	6	6	5	5	5
出现频率 Occurrence frequency/%	69.23	61.54	53.85	53.85	53.85	46.15	46.15	46.15	38.46	38.46	38.46

3.3 预测结果分析

以 2000—2012 年舟山群岛动态生态系统健康与旅游经济协调发展评价结果为基础,采用 Logistic 模型,对其 2013—2015 年静态协调度和动态协调度进行了预测(图 2)。由图 2 可知:2013—2015 年舟山群岛生态系统健康与旅游经济的静态协调度和动态协调度均呈上升趋势,其静态协调度的预测值为 0.8335、0.8442 和 0.8543,动态协调度的预测值为 0.6885、0.6916 和 0.6947,说明两者会朝向更协调的方向发展。

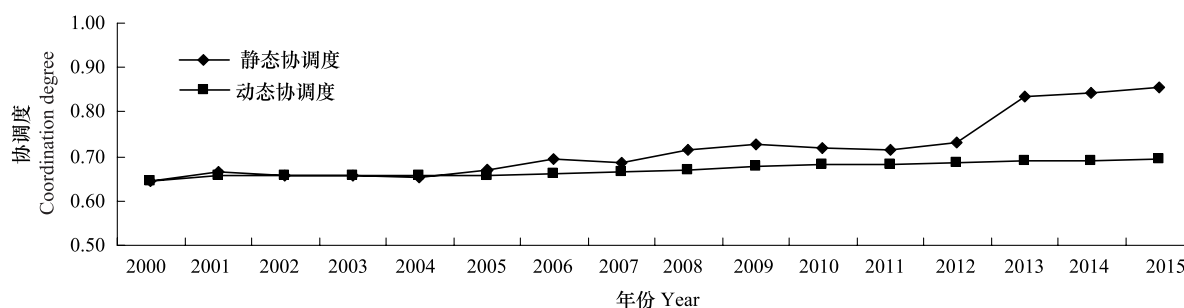


图2 2012—2015年舟山群岛生态系统健康与旅游经济的静态协调度和动态协调度预测结果

Fig.2 Prediction of the static and dynamic coordination degree of the ecosystem health and tourism economy of Zhoushan Islands from 2013 to 2015

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 2000—2012年,舟山群岛生态系统健康与旅游经济的静态协调度由2000年的0.6453增加至2012年的0.7301,动态协调度由0.6453增加至2012年的0.6874,增加幅度分别为0.0848和0.0421,说明其整体上往更高等级协调发展状态演进;2000—2007年为初级协调发展状态,2008—2012年为中级协调发展状态。在研究时段内,舟山群岛旅游经济规模、旅游接待能力和旅游经济潜力的各项指标均呈快速增长态势,旅游经济总量也在持续增加;于此同时,舟山政府部门通过进一步完善和落实环保政策、加大环保投资力度和更新环保技术等反馈机制,导致生态系统健康状态、影响和响应中的部分因子状况改善,使得舟山群岛生态系统健康和旅游经济朝向良性协调、共同提升的方向转变。但是,在旅游经济总量日益增加和海岛社会经济快速发展的背景下,舟山群岛生态系统健康的驱动力和压力因素作用进一步凸显,致其旅游经济的发展仍受到生态环境的制约,两者仍未达到良好协调发展型。

(2) 海洋经济占GDP比重、近海海域环境功能区达标率、环保投入占GDP比重、公路网密度、城镇化率是影响舟山群岛生态系统健康和旅游经济协调发展的主要障碍因子。未来需要从提升海洋经济和城镇化发展质量,增加环境保护投入、优化交通空间布局、减少陆源排污量,实施海洋和海岛生态修复等途径提升舟山群岛生态系统健康和旅游经济协调发展程度。

(3) 本研究以2000—2012年舟山群岛生态系统健康与旅游经济协调发展评价结果为基础,使用Logistic模型对2013—2015年两者协调状况进行了预测,结果显示:2013—2015年舟山群岛生态系统健康和旅游经济静态协调度的预测值为0.8335、0.8442和0.8543,动态协调度的预测值为0.6885、0.6916和0.6947,说明其继续朝向更高级的协调发展状态演进。

4.2 讨论

海岛目的地生态系统健康与旅游经济协调发展受生态、社会和经济等多种因素影响,本文从“驱动力-压力-状态-影响-响应”框架模型和“旅游经济规模、旅游接待能力、旅游经济潜力”等方面初步构建了舟山群岛生态健康和旅游经济协调发展评价指标体系。但由于数据的可获得性等原因,本文只选取部分指标表征案例地生态系统健康和旅游经济的协调发展;再者,文本构建的评价指标体系是否具有普适性,还有待进一步研究。

本文采用改进的TOPSIS法和动态度模型对舟山群岛2000—2012年生态健康和旅游经济协调发展状况进行了评估。由于舟山群岛生态健康-旅游经济系统具有动态性和复杂性特征,其内部的协调发展规律性需要大量的、深入的实证研究予以揭示。本文使用的研究方法和研究模型很难对其全部要素加以覆盖,加之系统要素之间的因果关系较为复杂,因而,在本研究的基础上如何进一步优化研究方法和研究模型仍需深入研究。

预测模型是对舟山群岛生态系统健康和旅游经济协调发展趋势预测的重要工具,而预测参数的选择又是实现成功预测的重要基础。本文在案例地生态系统和旅游经济的协调发展评价的基础上,选择了 Logistic 模型对其未来发展状态进行预测。未来的研究中,如何进一步选择合适的参数、对该预测模型进行改进以提高预测精度,以及如何通过预测结果寻找舟山群岛未来生态系统健康与旅游经济发展之间的平衡点等问题还需要进一步探索。

舟山群岛作为全国知名的海岛旅游目的地,在国家大力发展海洋经济的背景下,需要继续追踪其生态健康和旅游经济的演进路径,深化对两者协调发展机理的认识,以便更好地指导政府在其协调展过程中找到政策作用点,从而实现舟山群岛生态环境和旅游经济的可持续发展。

参考文献 (References):

- [1] 王广成, 李中才, 孙玉峰. 海岛地区生态经济模型及其实证研究. 北京: 经济科学出版社, 2009: 6-6.
- [2] Dodds R. Malta's tourism policy: Standing still or advancing towards sustainability. *Island Studies Journal*, 2007, 2(1): 47-66.
- [3] Rapport D J, Costanza R, McMichael A J. Assessing ecosystem health. *Trends in Ecology & Evolution*, 1998, 13(10): 397-402.
- [4] 叶彩华, 梁庆祖, 刘勇洪, 权维俊, 高燕虎. 城市生态安全气象环境综合评价方法——以北京市为例. *自然资源学报*, 2011, 26(7): 1156-1165.
- [5] 孙才志, 杨磊. 基于 ArcView-WOE 的下辽河平原地下水生态系统健康评价. *生态学报*, 2012, 32(4): 1016-1027.
- [6] 刘耕源, 杨志峰, 陈彬, 张妍, 张力小. 基于能值分析的城市生态系统健康评价——以包头市为例. *生态学报*, 2008, 28(4): 1720-1728.
- [7] 高占国, 朱坚, 翁燕波, 张彪, 诸云强, 杜宇峰, 潘双叶, 赵洋雨. 多尺度生态系统健康综合评价——以宁波市为例. *生态学报*, 2010, 30(7): 1706-1717.
- [8] 蒲新明, 傅明珠, 王宗灵, 张新军. 海水养殖生态系统健康综合评价: 方法与模式. *生态学报*, 2012, 32(19): 6210-6222.
- [9] 武兰芳, 欧阳竹, 唐登银. 区域农业生态系统健康定量评价. *生态学报*, 2004, 24(12): 2740-2748.
- [10] 王一涵, 周德民, 孙永华. RS 和 GIS 支持的洪河地区湿地生态健康评价. *生态学报*, 2011, 31(13): 3590-3602.
- [11] 卢育红, 田桂娥, 袁顺新. 城市生态健康评价方法比较与研究. *环境科学与管理*, 2010, 35(1): 162-165.
- [12] 郁亚娟, 郭怀成, 刘永, 姜玉梅, 李艳秋, 黄凯. 城市病诊断与城市生态系统健康评价. *生态学报*, 2008, 28(4): 1736-1747.
- [13] Zhang J J, Gurkan Z, Jørgensen S E. Application of eco-exergy for assessment of ecosystem health and development of structurally dynamic models. *Ecological Modelling*, 2010, 221(4): 693-702.
- [14] 陈广洲, 汪家权. 基于投影寻踪的城市生态系统健康评价. *生态学报*, 2009, 29(9): 4918-4923.
- [15] Shan S, Zhang L N, Wang X, Chen B. Township ecosystem health assessment based on fuzzy synthesis evaluation method: a case study of Tongzhou District, Beijing, China. *Frontiers of Earth Science in China*, 2009, 3(3): 312-319.
- [16] 李文君, 邱林, 陈晓楠, 黄强. 基于集对分析与可变模糊集的河流生态健康评价模型. *水利学报*, 2011, 42(7): 775-782.
- [17] 陈奕, 许有鹏, 宋松. 基于“压力-状态-响应”模型和分形理论的湿地生态健康评价. *环境污染与防治*, 2010, 32(6): 27-31, 59-59.
- [18] 李晴新, 朱琳, 陈中智. 灰色系统法评价近海海洋生态系统健康. *南开大学学报: 自然科学版*, 2010, 43(1): 39-43.
- [19] 肖韬, 袁兴中, 唐清华, 高强, 庞志研, 祝慧娜, 毕温凯, 林同云, 梁婕, 江洪伟, 曾光明. 基于概率神经网络的城市湖泊生态系统健康评价研究. *环境科学学报*, 2013, 33(11): 3166-3172.
- [20] 李健, 康懿. 区域产业生态系统健康的模糊物元贴近度评价研究——以天津滨海新区为例. *地域研究与开发*, 2012, 31(3): 131-135.
- [21] 李海涛, 顾晨洁, 梁涛, 王潜. 生态系统健康评价新视角及其应用. *自然资源学报*, 2010, 25(10): 1797-1805.
- [22] 郭秀锐, 毛显强, 杨居荣, 杨志峰. 生态系统健康效果——费用分析方法在广州城市生态规划中的应用. *中国人口·资源与环境*, 2005, 15(5): 126-130.
- [23] 胡廷兰, 杨志峰, 何孟常, 赵彦伟. 一种城市生态系统健康评价方法及其应用. *环境科学学报*, 2005, 25(2): 269-274.
- [24] 魏婷, 朱晓东, 李杨帆. 基于突变级数法的厦门城市生态系统健康评价. *生态学报*, 2008, 28(12): 6312-6320.
- [25] Xu F, Yang Z F, Chen B, Zhao Y W. Ecosystem health assessment of the plant-dominated Baiyangdian Lake based on eco-exergy. *Ecological Modelling*, 2011, 222(1): 201-209.
- [26] Munawar M, Fitzpatrick M. The application of Vollenweider's eutrophication models for assessing ecosystem health: Hamilton Harbour (Lake Ontario) example. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 2011, 14(2): 204-208.
- [27] Muangthong S, Clemente R S, Babel M S, Gallardo W, Weesakul S. Assessment of wetland ecosystem health in Lower Songkhram, Thailand. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2012, 19(3): 238-246.
- [28] Jeon Y L, Yun J C, Kim B J, Park Y J. Community analysis, assessment and evaluation of aquatic ecosystem health of Dongjin River based on

- Benthic macroinvertebrates. *Entomological Research*, 2011, 41(6): 284-284.
- [29] Xiao F J, Ouyang H, Zhang Q, Fu B J, Zhang Z C. Forest ecosystem health assessment and analysis in China. *Journal of Geographical Sciences*, 2004, 14(1): 18-24.
- [30] 王立新, 刘钟龄, 刘华民, 王伟, 梁存柱, 乔江, 中越信和. 内蒙古典型草原生态系统健康评价. *生态学报*, 2008, 28(2): 544-550.
- [31] Boesch D F, Paul J F. An overview of coastal environmental health indicators. *Human and Ecological Risk Assessment*, 2001, 7(5): 1409-1417.
- [32] Hatcher B G, Hatcher G H. Question of mutual security: Exploring interactions between the health of coral reef ecosystems and coastal communities. *EcoHealth*, 2004, 1(3): 229-235.
- [33] Karimov K A, Šimůnek J, Hanjra A M, Avliyakov M, Forkutsa I. Effects of the shallow water table on water use of winter wheat and ecosystem health: Implications for unlocking the potential of groundwater in the Fergana Valley (Central Asia). *Agricultural Water Management*, 2014, 131(1): 57-69.
- [34] Yu G M, Yu Q W, Hu L M, Zhang S, Fu T T. Ecosystem health assessment based on analysis of a land use database. *Applied Geography*, 2013, 44: 154-164.
- [35] Sarkar A, Patil S, Hugar L B, vanLoon G. Sustainability of current agriculture practices, community perception, and implications for ecosystem health: an Indian study. *EcoHealth*, 2011, 8(4): 418-431.
- [36] Li Q, Song J X, Wei A L. Changes in major factors affecting the ecosystem health of the Weihe River in Shaanxi Province, China. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 2013, 7(6): 875-885.
- [37] Su M R, Yang Z F, Chen B, Uldiati S. Urban ecosystem health assessment based on emergy and set pair analysis—A comparative study of typical Chinese cities. *Ecological Modelling*, 2009, 220(18): 2341-2348.
- [38] Munawar M, Munawar F, Dermott R, Johannssen O E, Lynn D, Munawar S F, Niblock M H. An integrated assessment of the ecosystem health of a protected area: Fathom five national marine park, Lake Huron. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 2003, 6(2): 185-204.
- [39] 戴全厚, 刘国彬, 田均良, 薛莲, 翟胜, 王国梁. 侵蚀环境小流域生态经济系统健康定量评价. *生态学报*, 2006, 26(7): 2219-2228.
- [40] 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. *西北大学学报: 自然科学版*, 2011, 41(6): 1097-1101, 1106.
- [41] 王维国. 协调发展的理论与方法研究. 北京: 中国财政经济出版社, 2000: 15-17.
- [42] 袁兴中, 刘红, 陆健健. 生态系统健康评价——概念构架与指标选择. *应用生态学报*, 2001, 12(4): 627-629.
- [43] 吕建树, 刘洋, 杨念贵. 基于改进 TOPSIS 法的水资源承载力研究. *水资源与水工程学报*, 2009, 20(3): 83-86.
- [44] 华小义, 谭景信. 基于“垂面”距离的 TOPSIS 法——正交投影法. *系统工程理论与实践*, 2004, (1): 114-119.
- [45] 胡永宏. 对 TOPSIS 法用于综合评价的改进. *数学的实践与认识*, 2002, 32(4): 572-575.
- [46] 李艳, 曾珍香, 武优西, 李艳双. 经济-环境系统协调发展评价方法研究及应用. *系统工程理论与实践*, 2003, (5): 54-58.
- [47] 赵宏波, 马延吉. 东北粮食主产区耕地生态安全的时空格局及障碍因子——以吉林省为例. *应用生态学报*, 2014, 25(2): 515-524.