

中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度分析及预测

张广海, 刘真真, 王新越

中国海洋大学管理学院旅游系, 山东 青岛 266071

摘要: 中国沿海区域旅游产业发展主要以海洋资源和环境为依托, 故处理好旅游产业发展与生态环境的关系是中国沿海旅游产业实现可持续发展的基础和前提。区域旅游化程度可以反映区域旅游产业发展水平, 为探求中国沿海区域旅游产业发展与生态环境之间关系的态势和规律, 首先, 在构建中国沿海区域旅游化程度和生态环境质量水平的指标体系的基础上, 以 2000—2010 年沿海 11 省(区)统计数据为基础, 运用加权主成分 TOPSIS 法分别对两个系统进行综合评价; 其次, 基于物理学中的耦合模型, 对中国沿海区域旅游化程度和生态环境质量的耦合度及其协调指数进行计算, 并分析它们时空格局及其演变特征; 最后, 基于灰色系统理论, 运用 GM(1,1) 预测模型对中国沿海区域未来 15 a 中国沿海区域旅游化水平与生态环境耦合度进行预测。研究结果发现: 中国沿海区域旅游产业与生态环境两个系统在 2000—2010 年间一直处于拮抗期, 但山东省、浙江省、江苏省和广西省将在 2015 年前先后由低水平的拮抗期跨入良性耦合阶段, 而其他省(区)将处于并将长期处于拮抗期, 且天津市、辽宁省和海南省两个系统的耦合度有下降趋势。

关键词: 沿海区域; 旅游化; 生态环境; 耦合度; 耦合度协调指数; 主成分 TOPSIS

中图分类号: F592.99

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2013) 05-0792-09

引用格式: 张广海, 刘真真, 王新越. 中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度分析及预测[J]. 生态环境学报, 2013, 22(5): 792-800.

ZHANG Guanghai, LIU Zhenzhen, WANG Xinyue. Analysis and forecast of coupling degree between tourism-oriented development and eco-environment in coastal region of China [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2013, 22(5): 792-800.

旅游业是资源依托型和环境依托型的产业, 二者存在复杂的对立统一的辩证关系, 如何在旅游发展过程中协调二者之间的关系, 实现旅游业的可持续发展, 一直是旅游学界研究的热点。Wall 和 Wright^[1] (1977) 探讨了旅游对环境的影响的概念、研究方法以及旅游活动与环境要素联系及影响的机制。Stephen^[2] (1992) 从土壤、植物、动物、水、噪声等五个自然环境要素研究旅游发展对自然环境产生影响, 认为旅游发展对目的地生态环境同时存在消极和积极两种作用。崔广军^[3] (1998) 构建了旅游环境承载力的理论模型, 并给出了生态环境对旅游产业发展承载能力的定量计算方法。近年来, 随着研究的不断深入, 对旅游与生态环境关系的研究已经从最初的单向影响分析转向更高层次的互动共生和耦合和协调关系的研究, 如王辉^[4] (2006)、崔峰^[5] (2008)、庞闻^[6] (2011) 等可持续发展理论、协同论、系统论引入旅游发展与生态环境之间关系的研究中, 探讨大连、上海、西安城市旅游发展与生态环境共生互动和耦合协调状况。但是这些研究多侧重于微观的单个城市或同类型城市之间比较研究, 而中宏

观区域尺度的研究, 对于旅游产业发展与生态环境调控更具有现实意义。

我国沿海地区包括环渤海、长三角、海峡西岸、珠三角和环北部湾地区的天津、河北、辽宁、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西、海南 11 个省、市、区, 2010 年实现旅游总收入 $25\,218.51 \times 10^8$ 元, 接待旅游总人次 22.44×10^8 人, 星级酒店达到 5 378 家, 旅行社 11 448 家, 旅游业发展迅速。然而, 由于海洋生态环境自身的脆弱性和我国的滨海旅游长期处于低端的大众旅游和观光旅游阶段, 沿海区域旅游业发展带来经济效益同时, 对该区域生态环境也造成了一定的威胁与压力, 影响了旅游和海洋经济的可持续发展。因此, 发展滨海旅游业要树立旅游产业与生态环境协调发展的观念, 即在旅游产业系统和生态环境系统或系统内要素之间在和谐一致、良性循环的基础上, 实现由低级到高级、由无序到有序的总体优化和升级。通过引入的区域旅游化水平指数深入分析滨海旅游产业与生态环境两个系统的耦合协调和互动发展规律与关系, 并采用灰色方法对其进行预测, 为制定旅游产业和海洋经济的可持续发展政策提供参考和依据, 以促进

基金项目: 国家软科学 (2009GXQ6D172); 中国海洋发展研究中心资助项目 (AOCOU201103)

作者简介: 张广海 (1963 年生), 男, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事旅游开发规划与管理、区域经济方面的研究。E-mail: guanghaizh@163.com

收稿日期: 2013-02-07

我国沿海地区旅游产业与生态环境关系不断优化和升级。

1 研究方法

1.1 主成分加权 TOPSIS 法

主成分分析方法是反映事物相关属性的众多指标综合成几个公共因子，并将公共因子按重要程度（贡献率）排序，方便找出数量较少却能够反映原来众多指标所代表的主要信息的互不相关的公共因子及其重要程度。其基本思路是：设有来自某个总体的 N 个样本，每个样本测得 M 个指标的数据，则共有 $N \times M$ 个数据。一般而言，这 M 个指标之间存在一定的线性相关关系，可从 M 个指标中提炼出数量较少的几个综合指标，使其在损失较少信息的前提下替代原来 M 个指标^[7]，其原理可用线性组合（1）表示。

$$\begin{cases} Y_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1M}X_M \\ Y_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2M}X_M \\ \dots\dots\dots \\ Y_M = a_{M1}X_1 + a_{M2}X_2 + \dots + a_{MM}X_M \end{cases} \quad (1)$$

$$T_{ij} = P_j \cdot Z_{ij} \quad (2)$$

$$E_{ij} = P_j \cdot Z_{ij} \quad (3)$$

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_j^+)^2}, \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_j^-)^2}, \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

$$S_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^6 S_{ij} \quad (7)$$

$$E_i = \sum_{j=1}^5 S_{ij} \quad (8)$$

其中，式（1）中随机向量 $X^T = \{ X_1, X_2, \dots, X_M \}$ 有协方差矩阵，其特征值为 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_M$ ， $a_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{iM})^T$ 是单位化向量， X_1, X_2, \dots, X_M 是原始变量经过标准化处理后的值， Y_1, Y_2, \dots, Y_M 是一组互补相关的新变量，是对应于特征值 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_M$ 的主成分；式(2)、(3)中， P

为主成分因子的权重； Z 为各区域在主成分因子上的得分值；式(7)中 T_i 为区域旅游化水平指数，式(8)中 E_i 为生态环境质量水平指数。

TOPSIS 法，又称逼近理想排序法，是由 Hwang 和 Yoon^[8]于 1981 年提出的一种系统工程决策分析的常用方法。其核心思想是，最优方案应是正理想方案距离最小，与负理想方案距离最大的方案。该方法多用来对多个可度量属性的对象的效益和竞争力等进行评价和排序，具体步骤如下：

①用向量规范化的方法求得规范化决策矩阵 $X = \{ x_{ij} \}$ ；

②赋予向量矩阵权重 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_j)^T$ ，则构成加权规范矩阵 $X = \{ x_{ij} \}$ ，其中， $x_{ij} = \omega_j \times z_{ij}$ ， $i=1, 2, \dots, m$ ；

③确定正理想解 x^+ 和负理想解 x^- ，则 $x^+ = \max_i (x_{ij})$ ； $x^- = \min_i (x_{ij})$

④根据公式(2)和公式(3)计算各方案到正理想解和负理想解的距离和 S_i^+ 和 S_i^- ，再根据公式(4)计算各方案到正理想解的相对接近程度 S_i （即综合评价指数）， $0 \leq S_i \leq 1$ 。 S_i 愈接近于 1，表示方案越接近于最优水平；反之， S_i 愈接近于 0，表示该方案越接近于最劣水平。

⑤将综合评价指数 S_i 带入公式(7)和公式(8)可测度出区域旅游化水平和生态环境质量水平。

加权主成分 TOPSIS 法是主成分综合评价法的拓展，先应用主成分分析法求得的主成分决策矩阵，将各个主成分的贡献率与主成分贡献率之和的比值作为决策矩阵的权重，然后，运用 TOPSIS 法进一步将低维系统降为一维系统，得到评价值，最后对评价结果进行排序^[9]，此法不仅有效地克服了主成分分析法评价值可能为负不便于比较的不足，还有效地规避了大量指标前提下单独应用 TOPSIS 法因子赋予平均权重的不科学和计算量大的缺点，对多指标问题的处理比较方便且实用，更能反映事物的本质。

1.2 耦合度模型

借鉴物理学中的容量耦合(Capacitive Coupling)概念及容量耦合系数模型^[10]，这里通过构造区域旅游化与生态环境耦合度公式(9)，用以分析和测度区域旅游化与生态环境的相互关系。为了反映区域旅游产业发展与生态环境质量水平整体功效与协同效应，引入区域旅游化与生态环境耦合度协调指数 D ，如公式(10)。

$$C_i = \left\{ (T_i E_i) / \left[(T_i + E_i)^2 \right] \right\}^{1/2} \quad (9)$$

$$D_i = \sqrt{C_i \cdot T_i} \quad (10)$$

$$T_i = \omega_1 T_i + \omega_2 E_i \quad (11)$$

其中, 式 (9) 中 C_i 表示省 (区) i 区域旅游化与生态环境耦合度, $i=1, 2, \dots, 11$; 式 (10) 中 D_i 为耦合度协调指数, T_i 为区域旅游化与生态环境综合协调指数; 式 (11) 中 ω_1, ω_2 分别为两个子系统的权重, 通过征询专家意见, 取 $\omega_1 = \omega_2 = 0.5$ 。

耦合度对判别区域旅游化与生态环境耦合作用的强度及其作用的时序区间, 预警两者发展秩序有重要意义。耦合度 $C \in [0, 1]$, 当 $C=1$ 时耦合度最大, 表明子系统之间或者子系统内部要素之间达到良性共振耦合, 系统将趋向新的有序结构; 当 $C=0$ 时, 耦合度极小, 表明系统之间或子系统内部要素之间处于无关状态, 系统将向无序发展^[11]。结合我国沿海地区旅游业的发展状况, 这里将耦合度划分为四个级别: 当 $0 < C < 0.3$ 时, 区域旅游化水平与生态环境处于较低水平的耦合阶段, 此时区域旅游化水平较低, 生态环境质量高, 旅游化对生态环境质量的影响程度不大; 当 $0.3 < C < 0.5$ 时, 区域旅游化水平与生态环境处于拮抗期, 该阶段区域旅游化水平快速提升, 该过程需要大量的资金投入和资源开发, 对生态环境的直接或间接影响日渐明显; 当 $0.5 < C < 0.8$ 时, 区域旅游化水平与生态环境质量进入磨合阶段, 此时区域旅游化进程由于受到生态环境质量下降的制约, 将其相当多的发展资金投入该区域生态环境修复中, 旅游化与生态环境开始良性耦合; 当 $0.8 < C < 1.0$ 时, 系统进入高水平耦合阶段, 在区域旅游化水平上升到一定阶段后, 对生态环境影响由负面破坏转向正面促进, 使旅游产业与生态环境两个系统相得益彰、相互促进。相应地, 将区域旅游化与生态环境耦合度协调指数也划分为 4 个等级: $0 < D < 0.4$, 为耦合度低度协调; $0.4 < D < 0.5$, 为耦合度一般协调; $0.5 < D < 0.8$, 为耦合度中度协调; $0.8 < D < 1.0$, 为耦合度高度协调。

1.3 G(1,1)灰色预测模型

灰色系统是信息不完备的系统, 主要研究对象是离散形式的系统状态变量^[12], 用灰色系统理论和方法建立起来的模型称为灰色模型 (简称 GM)。GM 模型是一个 n 阶、 h 个变量的微分方程, 简称 GM (n, h) 模型, 该模型将随机变量看作一定范围内变化的灰色量, 对无规律的原始数据经过生成处理后, 建立生成序列的微分方程模型。其中, GM(1, 1) 的建模方法和步骤如下^[13]:

①设原始系统序列为 $X_0 = \{x_0(i) | i=1, 2, \dots, n\}$,

通过公式 $x_1(k) = \sum_{i=1}^k x_0(i)$, 对原始系统序列累加生

成序列 $X_1 = \{x_1(i) | i=1, 2, \dots, n\}$ 。

②为了提高模型生成精度, 对生成的 X_1 做均值, 生成 $Z_1 = \{z_1(1), z_1(2), \dots, z_1(n)\}$, 其中, $z_1(1) = x_1(1)$, $z_1(k) = (x_1(k) + x_1(k-1)) / 2$ 。

③构建 $\frac{dx_1(k)}{dk} + ax_1(k) = u$, 其中, $k=0, 1, \dots,$

$n-1$, a, u 为待估参数; 并改写成矩阵的形式为

$$\bar{Y} = B\bar{V}, \quad \text{其中, } \bar{Y} = \begin{pmatrix} x_0(2) \\ x_0(3) \\ \vdots \\ x_0(n) \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} -z_1(1)1 \\ -z_1(2)1 \\ \vdots \\ -z_1(n)1 \end{pmatrix},$$

$$\hat{\bar{V}} = \begin{pmatrix} \hat{a} \\ \hat{u} \end{pmatrix}.$$

④用最小二乘法求得的估计值为:

$$\hat{\bar{V}} = \begin{pmatrix} \hat{a} \\ \hat{u} \end{pmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T \bar{Y};$$

把估计值 \hat{a}, \hat{u} 带入方

程中, 即可得到 GM(1,1) 微分方程得:

$$\hat{x}_1(k+1) = (x_0(1) - \frac{\hat{u}}{\hat{a}}) e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{u}}{\hat{a}}.$$

2 中国沿海区域旅游化水平

“旅游化”是旅游产业化发展与区域旅游化的过程^[14-19]。钱磊、汪宇明等^[20] (2012) 认为区域旅游化是伴随着工业化、城镇化、信息化所发生的又一重要的现代化途径, 甚至是一个国家或地方后工业化、后城镇化的重要标志。区域旅游化是指随着旅游产业规模的不断扩大、旅游产业效益的不断增加、旅游产业增长潜力的不断显现, 使得旅游产业在国家或地区的产业部门中竞争力不断提升、对相关行业的关联和带动作用不断增强和产业内部创新能力逐步提升的过程和状态, 它既表现为一个过程, 又是一种现象, 具体表现为旅游总收入在 GDP 中所占比重不断上升、旅游业就业人数在社会总就业人数中比重不断增加和旅游业创新能力逐步提升的过程和状态。

2.1 指标体系的构建及数据来源说明

根据对区域旅游化分析与界定, 按照系统性、层次性和可测性等原则首先遴选出 20 个反映区域旅游化水平的预选指标, 然后运用因子分析方法对预选指标进行筛选, 最终确定了反映区域旅游化水平的 17 个指标: 旅游总收入 (亿元)、旅游者总数

(万人)、国内旅游入次数(万人)、入境旅游入次数(万人)、国际旅游外汇收入(百万美元)、星级酒店营业收入(亿元)、旅行社营业收入(亿元)、星级饭店数(家)、旅行社数(家)、旅游总收入增长率(%)、旅游者总人次增长率(%)、人均旅游消费(元·人⁻¹)、旅游业从业人数占社会总就业人数百分比(%)、旅游总收入/GDP、旅游院校在校生数占旅游从业人数百分比(%)。

上述指标数据主要来源于2001—2011年《中国旅游统计年鉴》、2001—2011年《中国统计年鉴》、2001—2011年沿海11省区《国民经济与社会发展统计公报》。其中旅游总收入为当年国内旅游收入与国际旅游外汇收入乘以当年美元兑人民币汇率的和；旅游者总数为当年国内旅游入次数与入境旅游入次数之和；人均旅游消费为旅游总收入与旅游者总数的商。

2.2 中国沿海区域旅游化水平测度

运用主成分分析法,根据我国沿海区域11省(区)2001—2010年相关旅游数据指标,首先提取主成分,通过对变量数据进行KMO测度和Bartlett球形检验,测得KMO值为0.618(大于0.5),表明可以进行主成分分析,Bartlett球形检验值为3844.936,显著性水平 $P(\text{sig}=0.000)<0.05$,表明检验结果具有统计学显著性;其次,以特征值大于1、累积贡献率大于80%为主成分因子选取原则确定主成分,根据计算结果,前6个主成分因子的特征值均大于1,且其累积贡献率达82.272%,表明这6个因子可以代替上述17个指标的信息,作为反映中国沿海区域旅游化水平的主成分因子,分别代表旅游业规模、旅游业效益、旅游业增长潜力、旅游业关联带动、旅游业部门竞争力、旅游业创新能力;第三,确定权重,根据6个主成分的贡献率分别为:29.294%、18.796%、11.814%、8.751%、7.511%、6.106%,从而进一步计算出它们的权重依次为:

0.356063、0.228462、0.143597、0.106367、0.091295、0.074217;最后,将权重、主成分得分代入公式(2),并进一步代入公式(5),即可得出2001—2010年中国沿海11省(区)区域旅游化水平指数(表1)。

3 中国沿海各省生态环境质量水平

区域生态环境是区域社会经济可持续发展的核心和基础,更是旅游产业发展赖以生存的前提条件,滨海旅游产业发展对生态环境的依赖性则更强,因此,对生态环境水平的评价能够反映滨海旅游产业的可持续发展能力以及旅游产业发展与生态环境的协调程度。目前,我国生态环境评价工作很大程度上受国际主流影响且在政府的倡导下实施^[21],生态环境评价模型则多是基于静态的评价模型,侧重于对生态环境的结构、功能、状态的研究,对生态环境过程变化的评价研究则较少^[22]。这里根据2001—2010年沿海11省生态环境质量的变化情况,测度其生态环境质量水平,并进一步探寻其与区域旅游化的内在耦合协调关系。

3.1 指标体系的构建及数据来源说明

建立合适的指标体系是生态环境质量综合评价的基础,不同的属性和功能的区域构建指标各有侧重,借鉴傅伯杰^[23](1992),叶亚平、刘鲁君^[24](2000),黄宝荣、欧阳志云^[25](2008)构建的中国省域生态环境质量评价指标体系,并遵循系统性、区域性、科学性、可操作性和定量性的原则,构造并遴选出反映我国沿海区域生态环境质量水平的15个指标。具体指标分别为人均海岸线长度(米·百人⁻¹)、人均淡水资源占有量($\text{m}^3\cdot\text{人}^{-1}$)、建成区绿化覆盖率(%)、人均公园绿地面积(m^2)、森林覆盖率(%)、建设用地面积占土地面积百分比(%)、生活垃圾无害处理率(%)、工业废水处理达标率(%)、二氧化硫去除量(t)、环保投资/GDP(%)、三废综合利用产值(亿元)、固体废物产生量(万吨)、

表1 中国沿海区域旅游化水平指数

Table 1 The index of tourism-oriented development level in coastal region of China

区域	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
天津	0.3975	0.3210	0.3658	0.2340	0.1982	0.1981	0.1512	0.3501	0.3458	0.1917
河北	0.3152	0.2188	0.1517	0.5559	0.1448	0.1511	0.0738	0.1445	0.1859	0.1372
辽宁	0.5008	0.4266	0.4084	0.3173	0.3694	0.2949	0.1741	0.3824	0.2999	0.2325
山东	0.4220	0.3831	0.3313	0.3535	0.3560	0.3491	0.2979	0.4138	0.4475	0.3951
江苏	0.5148	0.4991	0.5915	0.4087	0.5237	0.5136	0.6667	0.4189	0.5732	0.5346
上海	0.5374	0.5473	0.5297	0.3448	0.5421	0.4390	0.2847	0.5037	0.4937	0.5579
浙江	0.6027	0.5332	0.5308	0.4184	0.5219	0.5079	0.4110	0.5391	0.5418	0.5028
福建	0.3320	0.3449	0.3065	0.2006	0.2673	0.2530	0.1990	0.3032	0.2647	0.2271
广东	0.5967	0.7707	0.6828	0.4831	0.7858	0.7555	0.5349	0.7802	0.8416	0.7746
广西	0.3202	0.2409	0.1904	0.3511	0.2296	0.2190	0.1785	0.2738	0.2144	0.2274
海南	0.3566	0.2642	0.3555	0.1890	0.3035	0.3299	0.2298	0.2782	0.1918	0.1590

工业废水排放总量(万 t)、工业废气排放量(亿 m^3)、旅客周转量(亿人 km) 15 个指标。以上指标数据主要来源于 2001—2011 年《中国环境统计年鉴》、《中国统计年鉴》、《中国海洋统计年鉴》, 2001—2011 年沿海 11 省(区)“统计年鉴”和“国民经济与社会发展统计公报”。

3.2 中国沿海区域生态环境质量水平指数测度

与中国沿海区域旅游化水平指数测度方法相同,首先,通过对变量数据进行 KMO 测度和 Bartlett 球形检验,测得 KMO 值为 0.682 (大于 0.5),可以进行主成分分析, Bartlett 球形检验值为 1407.532,显著性水平 $P(\text{sig}=0.000) < 0.05$,表明检验结果具有统计学显著性;其次,以特征值大于 1、累积贡献率大于 80%为主成分因子选取原则确定主成分,根据计算结果,前 5 个主成分因子的特征值均大于 1,且其累积贡献率达 81.253%,表明这 5 个因子可以代替上述 15 个指标的信息,作为反映中国沿海区域生态环境质量水平的主成分因子,分别代表生态环境压力、生态环境治理效益、生态环境现状水平、生态环境污染治理效果、生态环境防治投资;第三,确定权重,根据 5 个主成分的贡献率分别为 32.989%、19.442%、14.555%、7.521%、6.745%,从而计算出它们的权重依次为 0.406 0、0.239 3、0.179 1、0.092 6、0.083 0;最后,将权重、主成分得分代入公式(3),并进一步代入生态环境质量指数公式(5),即可得 2001—2010 年中国沿海 11 省(区)生态环境质量水平指数(表 2)。

4 中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度及耦合度协调指数测度

4.1 中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度测度结果及分析

将中国沿海各省(区)区域旅游化水平指数 T_i 和生态环境质量水平指数 E_i 的计算结果带入耦合度公式(9),计算出中国沿海区域旅游化与生态环

境耦合度结果(图 1)。从图 1 中可以看出,2000—2010 年中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度均为 $0.3 < C < 0.5$,笔者尝试用多目标决策权系数综合评价法,计算的耦合度结果也在 0.3~0.5 之间,验证了主成分加权 TOPSIS 方法的有效性和测度结果的可取性。根据耦合度划分等级和状态,近年来中国沿海区域旅游化水平与生态环境一直处于拮抗期,区域旅游化水平不断提升,对生态环境造成的直接或间接影响日渐明显。中国沿海区域旅游化与生态环境各要素之间目前所处的拮抗中磨合状态,仍属于较低水平的耦合,表明中国沿海区域旅游产业发展水平与生态环境质量的各要素之间协同作用不强。这一方面是由于长期以来中国沿海区域旅游产业发展相对于内陆地区有较多的优势,但产业水平还处于较低层次,结构尚不合理,旅游产业急需转型升级和优化;另一方面是由于沿海区域生态环境系统自身具有脆弱性,极易遭到破坏,加上旅游经济的粗放增长,对海洋生态环境胁迫作用较强。

为了进一步反映中国沿海区域旅游化与生态环境两个系统耦合度的时空格局演变特征,按照时间序列划分为 2000—2004 年,2005—2007 年,

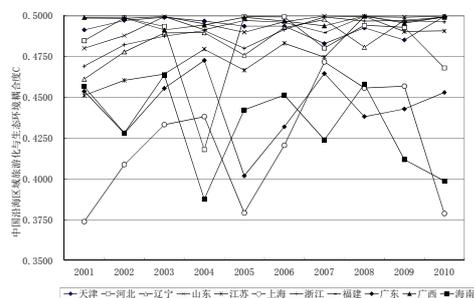


图 1 中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度结果

Fig.1 The coupled degrees results between tourism-oriented development and ecological environment quality in coastal region of China

表 2 中国沿海区域生态环境质量水平指数

Table 2 The index of ecological environment quality level in coastal region of China

区域	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
天津	0.274 0	0.260 8	0.325 3	0.292 1	0.272 7	0.271 9	0.256 6	0.248 2	0.211 6	0.180 1
河北	0.191 3	0.191 7	0.209 3	0.162 0	0.133 4	0.137 7	0.130 7	0.196 0	0.260 5	0.285 8
辽宁	0.221 8	0.233 0	0.270 8	0.210 8	0.196 1	0.210 2	0.210 0	0.217 8	0.245 0	0.207 5
山东	0.238 2	0.245 9	0.306 8	0.267 7	0.238 1	0.276 1	0.307 0	0.379 1	0.401 0	0.379 4
江苏	0.204 8	0.219 2	0.271 6	0.228 8	0.247 1	0.303 9	0.348 4	0.397 7	0.386 7	0.363 3
上海	0.108 5	0.147 4	0.177 1	0.120 8	0.114 2	0.131 0	0.143 1	0.210 1	0.208 6	0.117 2
浙江	0.293 1	0.311 1	0.338 7	0.285 8	0.294 3	0.350 6	0.373 5	0.431 7	0.440 1	0.394 8
福建	0.287 1	0.295 1	0.331 3	0.290 3	0.329 8	0.324 3	0.299 0	0.318 3	0.338 5	0.250 1
广东	0.243 7	0.245 5	0.284 3	0.245 8	0.199 6	0.249 6	0.246 4	0.273 2	0.308 2	0.314 2
广西	0.283 4	0.274 2	0.276 8	0.260 1	0.256 2	0.273 9	0.244 3	0.281 4	0.279 8	0.248 8
海南	0.845 8	0.828 1	0.779 7	0.837 5	0.833 6	0.826 4	0.747 7	0.649 7	0.694 4	0.642 6

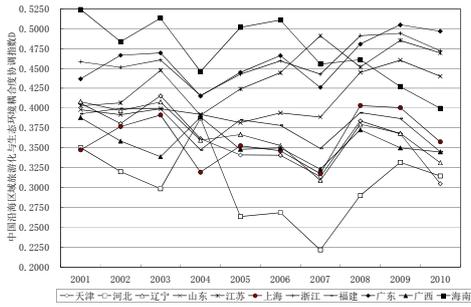


图2 中国沿海区域旅游产业与生态环境协调度结果

Fig.2 The coupled coordination degrees results between tourism-oriented and ecological environment quality in coastal region of China

2008—2010年3个阶段,分别取3个阶段的不同年份各个沿海区域旅游化与生态环境耦合度结果的平均值,并将结果在ARCGIS10.0中按照自然断裂法划分为高、较高、较低和低4类等级,在中国沿海区域行政区划图上显示(图3)。

从时间上来看,山东省、福建省、辽宁省、上海市和海南省在3个阶段耦合度等级没有变化,山东省和福建省始终为高等级,辽宁省始终为较高等级,上海市和海南省则始终为低等级;广东省、浙江省和江苏省区域旅游化与生态环境的耦合度等级均处有上升,其中,广东省上升速度最快,由第一阶段的较低等级直接上升为二三阶段的高等级;河北省区域旅游化与生态环境的耦合度等级在3个阶段则表现为先升后降,即由第一阶段的较高等级上升为第二阶段的高等级,却在第三阶段下降至较低等级;广西省和天津市区域旅游化与生态环境的耦合度则呈下降趋势,分别由第一阶段的高等级下降至二三阶段的低等级和较低等级;从空间上看,环渤海地区耦合度处于高等级的省(区)由一二阶段的两个下降为第三阶段的一个,说明该区域旅游

产业与生态环境两个系统的关系有退化趋势;与之相反,长三角地区除上海市的耦合度等级保持不变外,浙江省和江苏省在3个阶段均不断提升,说明该区域旅游产业与生态环境两个系统的关系正在不断的优化和升级;珠三角的广东省区域旅游化与生态环境的耦合度等级由第一阶段的较低等级直接上升为二三阶段的高等级,形成鲜明对比的是,广西省则由第一阶段的高等级直接下降为二三阶段的低等级;而福建省和海南省的耦合度等级则保持不变,说明该区域旅游产业与生态环境两个系统之间的关系存有明显的地区差异和不均衡性。但从中国沿海区域整体来看,区域旅游化与生态环境耦合度处在高等级和较高等级的省(区)数量在增加,而处于较低和低等级的省(区)数量在减少,说明中国沿海区域旅游产业与生态环境虽然处于较低水平的拮抗中磨合状态,但从整体上看二者的各要素之间协同作用在不断增强。

4.2 中国沿海区域旅游化与生态环境耦合协调度指数分析

同样,将中国沿海各省(区)区域旅游化水平指数 T_i 和生态环境质量水平指数 E_i 的计算结果带入耦合度协调指数公式(10),计算出中国沿海区域旅游化和生态环境耦合度协调指数结果(图3)。按照耦合度协调指数的划分标准,中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度协调指数在2000—2010年间变动区间为0.2000~0.5500。浙江省、广东省、江苏省区域旅游化与生态环境的耦合度协调指数在0.4000~0.5000之间,属于耦合度一般协调,且耦合度协调指数水平上升趋势明显;山东省的耦合度协调指数在0.3800~0.4000之间,2008后由耦合度低度协调上升为耦合度一般协调状态;天津市、辽宁省、福建省、广西省的耦合度协调指数在0.3000~0.4000之间,10a间始终属于耦合度

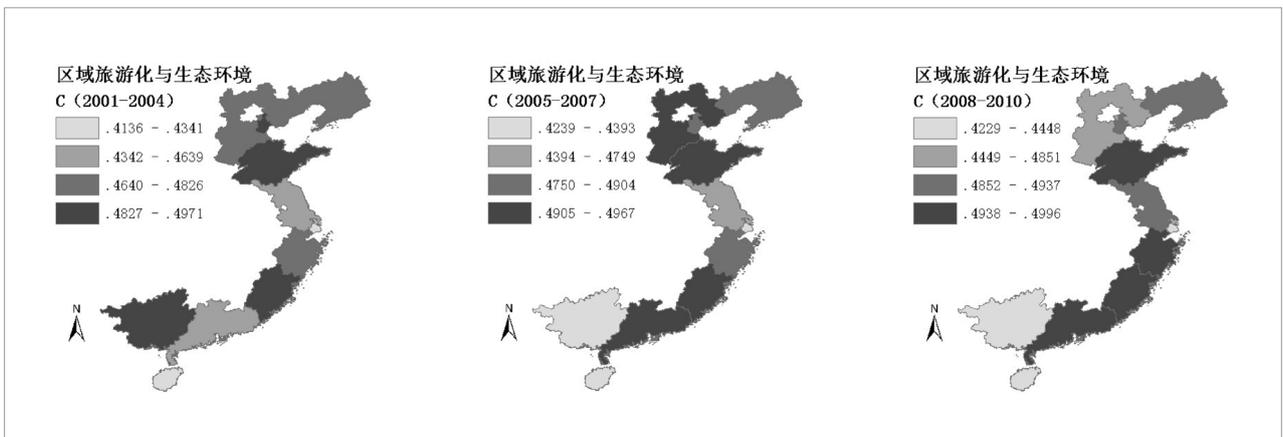


图3 中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度时空格局演变

Fig.3 The spatial and temporal pattern of the coupled degrees between the level of tourism-oriented development and ecological environment quality in coastal region of China

低度协调状态,且耦合度协调指数有明显下降趋势;海南省在 2000—2006 年间的耦合度协调指数大于 0.5000,为耦合度中度协调,但耦合度协调指数随时间不断下降,2007 年以后下降为耦合度一般协调,至 2010 年则降至 0.4000 以下,区域旅游化与生态环境退化为耦合度低度协调。河北省区域旅游化与生态环境的耦合度协调指数总体水平最低,且先降后升趋势明显,但始终处于耦合度低度协调状态。

同样,为了进一步反映中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度协调指数的时空格局演变特征,采用分析耦合度时空特征同样的方法将反映 3 个时间两个系统耦合协调度的均值在 ARCGIS10.0 中按照自然断裂法划分为高、较高、较低和低 4 类等级(图 4)。从时间上来看,河北省,广东省,山东省,浙江省和广西省区域旅游化与生态环境耦合度协调指数分别保持低、较低、较高和高等级不变;江苏省和上海市在 3 个阶段不断上升,前者由第一阶段的较高等级上升为第二三阶段的高等级,后者则由第一阶段的较低等级上升为第二三阶段的较低等级;与之相反,海南省的耦合度协调指数则由一二阶段的高等级下降为第三阶段的较高等级;福建省则呈由较低等级先上升为较高等级后又返回到较低等级的变化态势。从空间上来看,环渤海地区河北省和山东省的耦合度协调指数等级保持不变,辽宁省和天津市在第二个阶段开始下降;长三角地区浙江省的耦合度协调指数等级保持不变,江苏省和上海市则均上升了一个等级;珠三角的广东省和广西省的耦合度协调指数等级在 3 个阶段保持不变,福建省为先升后降;而海南省则在第三阶段下降由高等级下降为较高等级。可见,中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度协调指数的时空演变格局与其耦合度的时空演变格局有很大的一致性。

4.3 中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度预测分析

为了进一步掌握中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度未来的变化态势,采用基于灰色理论的灰色预测 GM(1,1)模型分别对沿海 11 个省(区)区域旅游化与生态环境耦合度进行动态模拟。分别取各个省(区)2000—2010 年旅游产业与生态环境耦合度计算结果作为原始数据,通过计算,满足灰色模型预测的条件 $X_0(k)/X_1(k-1) \rightarrow 0$,故建立耦合度 GM(1,1)预测模型(表 3)。

根据大量的实践经验,当参数估计 $-a < 0.3$ 时,GM(1,1)可用于中、长期预测^[26],上述参数估计均满足该条件且拟合效果较好,可以用于中、长期预测。通过灰色模型计算值与实际值进行相对误差检验,相对误差均值 $\bar{\epsilon} < 0.001$,达到优的精度等级,完全符合做中长期预测的要求。因此,按照上述拟合模型对中国沿海区域 11 个省(区)2011—2025 年的区域旅游化与生态环境耦合度进行预测,结果(如图 5)。

从图 5 可以看出,环渤海地区的天津市 2011—2025 年区域旅游化与生态环境耦合度在 0.4800-0.4900 之间,且呈下降趋势,至 2025 年前后下降至 0.4800 以下,说明该市在未来 15 a 内区两个系统将长期处于拮抗期;河北省相对于天津市有缓慢上升的趋势;山东省则将分别于 2011 年由低水平耦合的拮抗期跨入良性耦合的磨合期,并向快速更高水平的耦合阶段演进,辽宁省于 2012 年紧随其后,但增长速度明显慢于山东省。长三角地区的上海市 2011—2025 年区域旅游化与生态环境耦合度在 0.4300-0.4500 之间,但有缓慢上升的趋势,拮抗状态逐步好转;江苏省和浙江省则均在 2011 年将由低水平耦合的拮抗期跨入良性耦合的磨合期,且耦合度不断提升,向更高水平的耦合阶

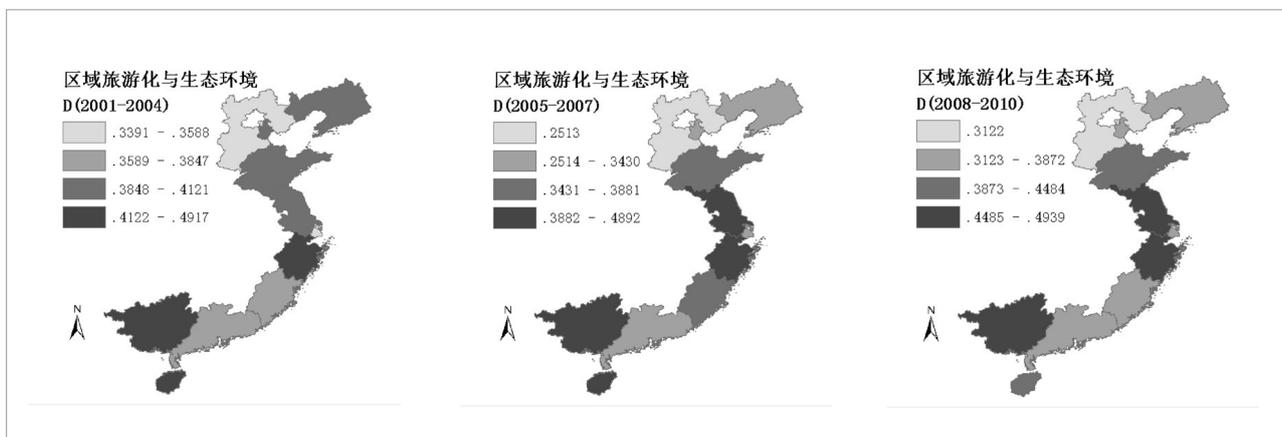


图 4 中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度协调指数时空格局演变

Fig. 4 The spatial and temporal pattern of the coupled coordination degrees between the level of tourism-oriented and ecological environment quality in coastal region of China

表 3 中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度 GM (1,1) 预测模型

Table 3 The forecast of the coupled degrees between the level of tourism -oriented and ecological environment quality in coastal region of China

地区	估计参数 a	估计参数 u	预测模型
天津	0.001 6	0.497 8	$\hat{x}_i(k+1)=(0.491\ 5-309.868\ 1)e^{-0.001\ 6k}+309.868\ 1$
河北	-0.000 1	0.482 4	$\hat{x}_i(k+1)=(0.484\ 8+3\ 581.2\ 5\ 4\ 0)e^{0.000\ 1k}-3\ 581.254\ 0$
辽宁	-0.004 0	0.478 7	$\hat{x}_i(k+1)=(0.461\ 2+119.940\ 0)e^{0.004\ 0k}-119.9\ 4\ 0\ 0$
山东	-0.008 0	0.467 1	$\hat{x}_i(k+1)=(0.480\ 2+58.891\ 6)e^{0.008\ 0k}-58.891\ 2$
江苏	-0.008 7	0.457 0	$\hat{x}_i(k+1)=(0.451\ 2+52.609\ 0)e^{0.008\ 7k}-52.609\ 0$
上海	-0.001 8	0.423 0	$\hat{x}_i(k+1)=(0.373\ 8+231.462\ 4)e^{0.001\ 8k}-231.462\ 4$
浙江	-0.003 9	0.481 3	$\hat{x}_i(k+1)=(0.469\ 2+124.375\ 8)e^{0.003\ 9k}-124.375\ 8$
福建	-0.000 2	0.496 1	$\hat{x}_i(k+1)=(0.498\ 7+3\ 205.925\ 1)e^{0.000\ 2k}-3\ 205.925\ 1$
广东	-0.001 9	0.438 7	$\hat{x}_i(k+1)=(0.453\ 7+232.771\ 3)e^{0.001\ 9k}-232.771\ 3$
广西	-0.000 7	0.494 7	$\hat{x}_i(k+1)=(0.499\ 1+694.496\ 4)e^{0.000\ 7k}-694.496\ 4$
海南	0.006 5	0.444 9	$\hat{x}_i(k+1)=(0.456\ 7-68.194\ 7)e^{0.006\ 5k}+68.194\ 7$

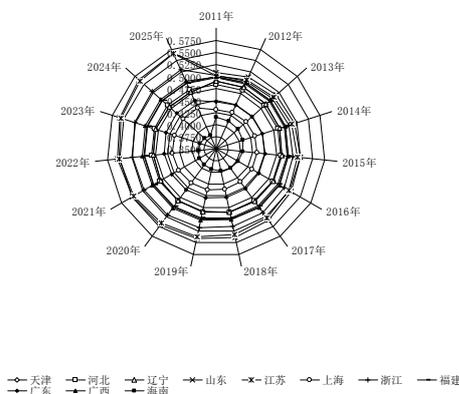


图 5 中国沿海区域旅游化与生态环境耦合度预测

Fig. 5 The prediction of the coupled degrees between the level of tourism-oriented and ecological environment quality in coastal region of China

段演进，但江苏省的耦合度提升的速度和幅度明显高于浙江省。珠三角的广东省未来 15 a 区域旅游化与生态环境耦合度介于 0.440 0 ~ 0.460 0 之间，处于较低水平的拮抗阶段，福建省介于 0.496 0 ~ 0.498 0 之间，由于耦合度上升缓慢于并将长，将长期处于较高水平的拮抗期，广西省将于 2015 年以后由低水平耦合的拮抗期跨入良性耦合的磨合期，而海南省则将由 2011 年的 0.415 4 逐渐下降至 2025 年的 0.379 1，两个系统的耦合关系将不断恶化。

5 结论和讨论

5.1 结论

运用耦合度模型对中国沿海区域 11 省（区）的 2000—2010 年区域旅游化与生态环境的耦合度和耦合度协调指数研究发现：中国沿海区域旅游化和生态环境系统尚处于拮抗期，即区域旅游化水平不断提升，需要大量的资金投入和资源开发，对生态环境造成的直接和间接影响日渐明显。

通过运用灰色系统预测模型对未来 15 a 的耦合度预测发现：山东省、浙江省、江苏省和辽宁省将

先后于 2011 年和 2012 年由低水平耦合的拮抗期跨入良性耦合的磨合期，且耦合度不断提升，向更高水平的耦合阶段不断演进，广西省则于 2015 年紧随其后；福建省、河北省、广东省、上海市未来 15 a 内区域旅游化和生态环境系统仍将处于低水平耦合的拮抗期，但总体处于缓慢上升趋势，说明区域旅游化和生态环境系统之间关系在逐步改善；天津市和海南省的区域旅游化和生态环境系统耦合度不但将长期处于拮抗阶段，且整体有下降趋势，其中，耦合度水平最低的海南省的下降趋势最明显。

5.2 讨论

通过研究结果不难看出，若按照目前区域旅游化与生态环境耦合关系演变规律，保持现阶段旅游产业和环境保护政策干预下，中国沿海区域旅游化与生态环境自身耦合水平上升和演进的速度较缓慢，要达到相得益彰、相互促进的高水平耦合阶段尚需较长时间，说明要使中国沿海区域旅游产业与生态环境两个系统尽快协调发展，实现旅游产业的可持续发展，单靠两系统自身发展演变还是不够的，必须采取相应的产业调控政策和环境保护措施，尤其是福建省、河北省、广东省、上海市以及天津市和海南省等省市，区域旅游化和生态环境系统耦合度上升缓慢甚至呈下降态势，旅游产业政策调控和滨海旅游者响应并践行生态旅游则显得更加紧迫。

参考文献：

- [1] Wall G, Wright C. The Environmental Impact of Outdoor Recreation[R]. Ontario: University of Waterloo, 1977.
- [2] Stephen L J Smith. 游憩地理学：理论与方法[M]. 吴必虎, 译. 北京: 高等教育出版社, 1992: 157-158.
- [3] 崔凤军, 刘家明. 旅游环境承载力理论及其实践意义[J]. 地理科学进展, 1998, 17(1): 86-90.
- [4] 王辉, 林建国, 姜斌. 大连市旅游与环境协调发展度分析[J]. 海洋环境科学, 2006, 25(1): 84-86.
- [5] 崔峰. 上海市旅游经济与生态环境协调发展度研究[J]. 中国人

- 口·资源与环境, 2008, 18(5): 64-69.
- [6] 庞闻, 马耀峰, 杨敏. 城市旅游经济与生态环境系统耦合协调度比较研究: 以上海、西安为例[J]. 统计信息论坛, 2011, 26(12): 44-48.
- [7] 吕萍, 李忠富. 我国区域经济发展潜力的时空差异研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2010, 11: 37-51.
- [8] Hwang C L, Yoon K S, Multiple Attribute Decision Making[M]. Spring-verlag, Berlin, 1981.
- [9] 丁建军, 朱群惠. 我国区域旅游产业发展潜力的时空差异研究[J]. 旅游学刊, 2012, 27(2): 52-61.
- [10] Valerie Illingworth. The Penguin Dictionary of Physics[M]. Beijing: Foreign Language Press, 1996: 92-93.
- [11] 刘耀彬, 李仁东, 宋学峰. 中国城市化与生态环境耦合度分析[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 106-111.
- [12] 双聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1987: 1-27, 104-105.
- [13] 张雅波. 灰色预测的GM(1,1)模型[J]. 吉林建筑工程学院学报, 1999, 4: 56-59.
- [14] 宋亚非, 刘国忱, 高敬华. 我国旅游产业化的条件与素质分析[J]. 财经问题研究, 1999(1): 23-26.
- [15] 金永生, 杜国功. 北京旅游产业化的条件与素质分析-兼论旅游产业结构评价指标, 1999, 25(增刊): 22-26.
- [16] 王冬萍, 阎顺. 旅游城市化现象初探-以新疆吐鲁番市为例[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(5): 118-122.
- [17] 李鹏. 旅游城市化的模式及其规制研究[J]. 社会科学家, 2004, 4: 97-100.
- [18] 朱竑, 贾莲莲. 基于旅游“城市化”背景下的城市“旅游化”: 桂林案例[J]. 经济地理, 2006.
- [19] 李晶晶. 青岛城市旅游化及其相关因素分析[D]. 中国海洋大学, 2010: 9-12.
- [20] 钱磊, 汪宇明, 吴文佳. 中国旅游业发展的省区差异及变化[J]. 旅游学刊, 2012, 27(1): 31-37.
- [21] 颜梅春, 王元超. 区域生态环境评价研究进展与展望[J]. 生态环境学报, 2012, 21(10): 1781-1788.
- [22] 郭建平, 李凤霞. 中国生态环境评价研究进展[J]. 气象科技, 2007, 35(2): 227-230.
- [23] 傅伯杰. 中国各省区生态环境质量评价与排序[J]. 中国人口·资源与环境, 1992, 2(2): 48-54.
- [24] 叶亚平, 刘鲁君. 中国省域生态环境质量评价指标体系研究[J]. 环境科学研究, 2000, 13(3): 33-36.
- [25] 黄宝荣, 欧阳志云, 张慧智, 等. 中国省级行政区生态环境可持续性评价[J]. 生态学报, 2008, 28(1): 328-336.
- [26] 陈霞. 灰色预测模型及其在电力负荷预测中的应用研究[D]. 南昌大学, 2007: 16-17.

Analysis and forecast of coupling degree between tourism-oriented development and eco-environment in coastal region of China

ZHANG Guanghai, LIU Zhenzhen, WANG Xinyue

Department of Tourism, Management College, Ocean University of China, Qingdao 266071, China

Abstract: Regional tourism development in coastal areas of China mainly rely on marine resources and the environment, so it is the basis and prerequisite for the sustainable development of China's coastal tourism industry to handle well the relationship between the development of the tourism industry and the ecological environment. The level of development of tourism industry can be reflected by the degree of tourism-oriented development. This study explores the trend and laws of relationship between the level of tourism-oriented and ecological environment in the coastal region. Firstly, the paper constructs the index system of the degree of tourism-oriented and the quality of ecological environment, and makes comprehensive evaluation of the two systems by using principal component on TOPSIS method on the basis of statistics data of 11 coastal provinces (regions) between 2000 and 2010; Secondly, calculates the coupled coordination of the level of tourism-oriented and the ecological environment based on the coupling model in physics and analyzes the spatial and temporal pattern of evolution features of it; Finally, the paper also predicts the coupling degree of the level of tourism-oriented and ecological environment in the coastal region of China in 15 years by the use of GM (1,1) forecasting model based on gray system theory. The result shows that the coupling degree of the level of tourism-oriented and ecological environment in the coastal area of China stayed antagonistic period between 2000 and 2010. However, Shandong Province, Zhejiang Province, Jiangsu Province and Guangxi Province will have risen from low levels of antagonistic period into the stage of benign coupled in about 2015, while other provinces (regions) will stay in the antagonistic period for a long period, and there is a downward trend in the coupling of the two systems in Tianjin, Liaoning Province and Hainan Province.

Key words: coastal region; tourism-oriented development; ecological environment; coupling degree; coordinated index of coupling degree; principal component on TOPSIS