

京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境 耦合协调度及障碍因子诊断

赵安周^{1,2}, 王冬利¹, 王金杰¹, 胡小枫¹

(1.河北工程大学 矿业与测绘工程学院, 河北 邯郸 056038;

2.中国科学院, 地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

摘 要:为实现地区社会经济的可持续发展,需掌握城镇化、旅游业和生态环境的耦合协调度及障碍性因子。在综合考虑三大系统影响因素的基础上,应用耦合协调度和灰色 Verhulst 模型构建了京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境综合评价指标体系,在此基础上,对该城市群 2000—2017 年三者的耦合协调关系和未来 10 a 的耦合协调度进行预测,并对三者的障碍性因子进行了诊断。结果表明:(1) 2000—2017 年京津冀城市化综合水平子系统和旅游产业子系统均呈现增加的趋势,生态环境子系统呈现减少的趋势;(2) 2000—2017 年期间京津冀城市群三者的耦合协调度整体呈逐年上升的变化趋势,其耦合的类型可划分为生态环境超前和城市化超前型;(3) 预测结果显示未来 10 a (2018—2027 年)三者的耦合协调度保持小幅度持续上升的趋势;(4) 从各一级指标对三大系统的障碍度来看,人口城市化水平(UPI)、旅游收入(TRI)和资源要素条件(REI)对城市化、旅游业和生态环境三大系统的影响最大。总体来看,三者的耦合协调度向良好的方向发展,应重点关注 UPI、TRI 和 REI 对三大系统的影响。

关键词:城市化; 旅游业; 生态环境; 耦合协调度; 障碍度; 京津冀城市群

中图分类号:F291.1; F592.3; F062.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)04-0333-09

Quantitative Investigation of the Interactive Coupling Relationship Among Urbanization-Tourism Industry-Ecological Environment and Their Obstacle Factors in Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration

ZHAO Anzhou^{1,2}, WANG Dongli¹, WANG Jinjie¹, HU Xiaofeng¹

(1.School of Mining and Geomatics, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056038,

China; 2.State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: A better understanding of interactive coupling and obstacle factors among urbanization, tourism industry, and ecological environment is necessary for sustainable development of regional society and economy. Through the comprehensive consideration on three systems: urbanization, tourism industry and ecological environment, an evaluation index system was established. On the basis of constructing the evaluation index system, we conducted a comprehensive empirical study on the coupling coordination development of urbanization, tourism industry and ecological environment in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration from 2000 to 2017, and predicted the coupling coordination degree of the three systems in the next ten years (2018—2027). Then, the obstacle factors of urbanization, tourism industry and ecological environment were diagnosed through applying the obstacle degree model. The results showed that: (1) urbanization composite level index (UI) and tourism industry (TI) showed the increasing trends during 2000—2017; ecological environment (ECEI) showed the decreasing trend during 2000—2017; (2) coupling coordination degree showed a trend of rising volatility coordination of urbanization-tourism industry-ecological environment in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration during

收稿日期:2020-09-21

修回日期:2020-10-03

资助项目:教育部人文社会科学研究项目(18YJCZH257);资源与环境信息系统国家重点实验室开放基金“大数据背景下京津冀地区城镇化与生态环境时空演变关系研究”

第一作者:赵安周(1985—),男,河北邯郸人,博士,副教授,主要从事城市与生态环境关系研究。E-mail:zhaoanzhou@126.com

2000—2017, and the type of coupling could be categorized as ecologically advanced and urbanization advanced patterns; (3) Grey Verhulst model had a high degree of fitting; in the next the years, the coupling coordination degree of the three subsystems in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration will increase slightly; (4) from the perspective of obstacle degree, the population urbanization index (UPI), tourism revenue index (TRI) and resource element conditions index (REI) had the greatest impact on the three subsystems of urbanization, tourism industry and ecological environment. Overall, coupling and coordination of among urbanization, tourism industry, and ecological environment presented better development situation in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, and should focus primarily on UPI, TRI and REI.

Keywords: urbanization; tourism industry; ecological environment; coupling coordination model; obstacle degree; Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration

城市化是推动地区社会经济发展、实现中国现代化的必由之路^[1-2]。自 1978 年以来,我国城市化水平取得了显著的进步,国家统计局数据显示 2018 年中国城市化率已达 59.58%,目前正在形成长三角、珠三角、京津冀、长江中游和成渝 5 个特大城市群^[3]。旅游业作为无烟工业已成为城市经济增长的重要推动力,其发展会对当地的社会、经济、文化、环境等方面产生深远的影响^[4]。2016 年国家发展改革委、国家旅游局《关于实施旅游休闲重大工程的通知》中明确提出中国旅游消费总额到 2020 年对国民经济增长的综合贡献率要达到 10% 以上。随着旅游业的快速发展,城市作为旅游活动开展物质载体,其城市化水平的高低对旅游产业的发展具有重要的作用^[5]。在旅游业和城市化发展过程中,生态环境是其依托和物质基础,良好的生态环境可以促使旅游产业发挥其联动效应,从而推动地区城市化的进程^[6]。与此同时,在旅游业和城市化快速发展的同时也产生了诸如大气污染、水污染、耕地面积减少等诸多生态环境问题,阻碍和制约了城市化和旅游业的可持续发展^[7]。因此,综合分析城市化、旅游业以及生态环境三者之间的关系,辨识区域要素对三者的影响对于国家和地区城市社会经济发展规划的制定具有重要的借鉴意义。

目前已有诸多学者对城市化、旅游业以及生态环境的关系开展了研究。早期的研究多集中在城市化与旅游业、城市化或旅游业与生态环境两两子系统之间的交互关系研究^[8]。在城市化与旅游产业方面,高楠等^[9]构建了西安市旅游业和城市化的耦合评价模型,认为两个子系统之间存在明显的耦合发展特征;王新越等^[10]认为 2000—2014 年中国东部地区国内旅游消费与城市化的协调度不断提高,但存在空间上的差异;在城市化与生态环境方面,He^[11]等探索了 1980—2013 年上海市城市化与生态环境之间的交互耦合关系,认为二者之间的耦合度呈现 S 型曲线的形式;方创琳等^[12]分析了

天山北坡城市群城市扩张对生态环境的影响,认为该城市群在未来发展过程中要充分考虑其生态环境的承载力及其敏感性;在旅游业与生态环境方面,刘遗志等^[13]构建了贵州省旅游业和生态环境的压力—状态—响应框架,认为二者的耦合程度与人类活动密切相关;熊建新等^[14]认为旅游产业的快速发展会对生态环境造成一定的压力,进而限制地区旅游城镇化的提升。随着研究的不断深入,也有学者尝试构建区域城市化—旅游业—生态环境三者的耦合框架,如 Liu 等^[15]构建了陕西省旅游产业—城市化—生态环境的耦合协调度模型,认为该省份三者之间的耦合协调度经历了北部低、中南部高到中部高、南部和北部低的发展趋势;赵胡兰^[8]、李秋雨^[16]、高杨^[17]等分别对新疆省、吉林省以及京津冀地区旅游产业—城市化—生态环境的关系进行了研究,探讨了其耦合关系的时空演变规律。然而现有的有关城市化、旅游业和生态环境的关系研究缺乏对未来耦合协调度演变趋势以及对影响三者演变的障碍性因子的诊断分析^[8],且研究区多集中在国家、省市尺度,对城市群,特别是对特大城市群地区的研究略显不足。

京津冀城市群是中国重点建设的 5 个特大城市群之一,也是中国北方重要的社会经济核心区域^[3]。随着近些年来城市化和旅游业的快速发展,该地区生态环境受到一定程度的破坏^[18-19],其城市化—旅游业—生态环境出现了不协调发展的局面。因此,深入研究京津冀城市群的城市化—旅游业—生态环境耦合协调过程、未来演变趋势,找出影响其演变的障碍性因子,有利于推动京津冀协调发展战略取得更大进展,对实现该城市群城市化—旅游业—生态环境的协调和可持续发展具有现实的指导意义。

1 研究区概况

京津冀城市群地处华北平原北部,位于 36.1°—

42.7°N, 113.5°—119.8°E, 地势由西北向东南倾斜, 北部为燕山山脉, 西部为太行山脉, 东部为渤海, 包括北京、天津两个直辖市以及河北省的 11 个城市, 总面积达 216 485.2 km² (图 1)。地形以平原和山地为主, 气候类型为温带半湿润半干旱大陆性季风气候, 春季干旱多大风, 夏季高温多降水, 冬季寒冷干燥少降水^[20-21]。该地区是中国北方经济规模最大、旅游业发展态势强劲和最具有活力的地区之一^[17]。据统计, 2017 年京津冀城市群接待海内外游客人数达到 10.53 亿人次, 实现旅游收入 11 922.8 亿元, 约占全国旅游总收入的 22.04%^[22]。从城市发展水平来看, 2018 年该城市群城市化水平达到 65.9%, 高于全国城市化水平约 6%。城市化和旅游业在促进京津冀城市群社会经济发展的同时, 也给周边生态环境造成了巨大的压力^[23]。《京津冀协同发展规划纲要》明确指出经济发展的同时要兼顾生态环境的保护。

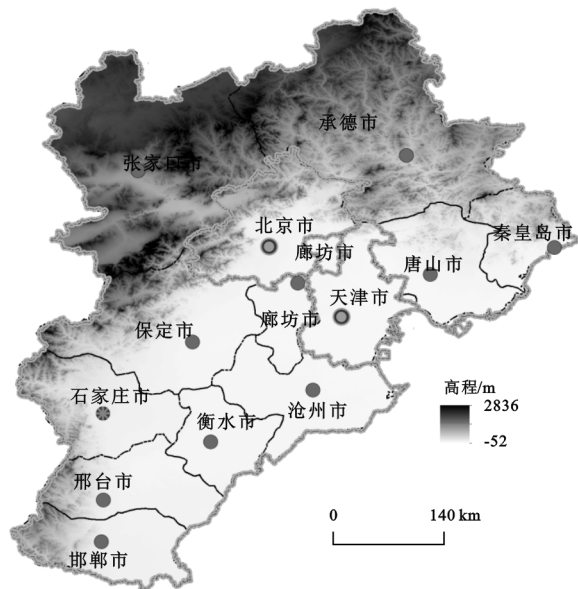


图 1 研究区范围

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文以 2000—2017 年为时间序列, 以京津冀城市群为研究单元, 分析城市化—旅游业—生态环境的耦合协调关系, 找出影响 3 个系统发展的障碍因素。数据主要来自于《北京统计年鉴》(2001—2018 年)、《天津统计年鉴》(2001—2018 年)、《河北经济年鉴》(2001—2018 年)以及北京、天津和河北的各地统计公报(2000—2017 年)。

2.2 研究方法

2.2.1 指标体系构建与权重确定 依据城市化、旅

游业和生态环境耦合模型的内涵, 在科学性、可操作性、数据可获取性以及已有研究的基础上^[8-9, 24-25], 选取 16 个一级指标、34 个二级指标来构建京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境综合评价指标体系(表 1)。为消除指标之间由于不同量纲及物理意义对结果造成的影响, 首先利用极值法对原始数据进行无量纲化处理^[26], 在此基础上, 利用熵权法计算各二级指标和一级指标的权重(表 1)^[26]。

2.2.2 系统耦合协调模型 借鉴已有的资料和文献^[8, 15], 本文依据效益理论和平衡理论, 构建城市化、旅游业和生态环境 3 个子系统的协调度模型, 具体如下所示:

$$C = \sqrt[3]{\frac{UI \times TI \times ECEI}{[(UI + TI + ECEI)/3]^3}} \quad (1)$$

式中: C 为耦合度, 其范围为 0~1, 值越大表明 3 个子系统之间的相关性越高; UI , TI 和 $ECEI$ 分别为城市化水平、旅游业和生态环境子系统的综合发展水平的测算值, 可以通过以下公式求得:

$$y_i = \sum_{j=1}^n \omega_{ij} r_{ij} \quad (2)$$

式中: ω_{ij} 为子系统 i 的第 j 项指标的权重; r_{ij} 为无量纲化处理后的数据; y_i ($i=1, 2, 3$) 分别为城市化水平 (UI)、旅游业 (TI) 和生态环境 ($ECEI$) 子系统的综合发展水平。

由于 3 个子系统的发展水平存在差异, 会出现 3 个子系统发展水平都较低, 而耦合度较高的情况^[9]。为避免该情况出现, 客观评价城市化—旅游业—生态环境的协调发展水平, 本文进一步引入耦合协调度模型:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (3)$$

$$T = \alpha \times UI + \beta \times TI + \gamma \times ECEI \quad (4)$$

式中: D 为耦合协调度; T 为城市化、旅游业、生态系统的综合评价指数; α , β 和 γ 为待定系数, 考虑到旅游业和城市化相互作用的不对称性, 旅游业的发展可以改善城市基础设施建设, 进而推动城市化的进程, 城市化可以为旅游业发展提供强有力的支撑, 但是旅游业并非城市化进程的唯一驱动力, 而生态环境在二者发展中均有重要作用^[6], 故 α , β 和 γ 分别取值 0.4, 0.2, 0.4, 其耦合协调等级划分见表 2^[27]。

2.2.3 灰色 Verhulst 模型 本文采用灰色 Verhulst 模型来预测未来 10 a 京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境的耦合协调度。与传统的灰色预测模型 GM(1, 1) 相比, 该模型考虑了有限制情况下的指数发展情况, 主要用来研究具有饱和状态 S 型序列的曲线事件, 可以更好地预测长时间序列的社会经济活动和自然生态环境^[28]。其具体建立过程如下^[29]:

假设在模型预测中,其原始数据为 $x^{(1)}=[x^{(1)}(1),x^{(1)}(2),\cdots,x^{(1)}(n)]$,对原始数据列做一次累减,进而弱化呈离散状态的原始数据列,经过处理后的数据序列为 $x^{(0)}=[x^{(0)}(1),x^{(0)}(2),\cdots,x^{(0)}(n)]$;然后对原始数据序列累加生成的递增序列的数据生成紧邻均值 $z^{(1)}$,则数据矩阵为:

$$B=\begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & [z^{(1)}(2)]^2 \\ -z^{(1)}(3) & [z^{(1)}(3)]^2 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & [z^{(1)}(n)]^2 \end{bmatrix}, Y=\begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad (5)$$

进一步计算参数: $\tilde{\mu}=(\tilde{a},\tilde{b})^T=(B^TB)^{-1}B^TY$ 式中:符号~表示估算值,则 Verhulst 模型的白化方程如下:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt}+ax^{(1)}=b[x^{(1)}]^2 \quad (6)$$

对其进行求解得:

$$x^{(1)}(t+1)=\frac{ax^{(0)}(1)}{bx^{(0)}(1)+[a-bx^{(0)}(1)]e^{at}} \quad (7)$$

用 \tilde{a} 和 \tilde{b} 替代上式的 a 和 b ,可得:

$$x^{(1)}(t+1)=\frac{\tilde{a}x^{(0)}(1)}{\tilde{b}x^{(0)}(1)+[\tilde{a}-\tilde{b}x^{(0)}(1)]e^{\tilde{a}t}} \quad (8)$$

最后采用绝对误差对其进行检验,其具体计算公式如下^[30]:

$$\Delta_t=|C_t-S_t| \quad (9)$$

式中: Δ_t 为第 t 年的绝对误差; C_t 和 S_t 分别为第 t 年耦合协调度的真实值和模拟值。

2.2.4 障碍因子诊断模型 对影响城市化—旅游业—生态环境的主要障碍因素进行诊断和分析,可以有效制定和调整相关城市和旅游业发展政策。障碍度的大小可以表示各指标对子系统影响程度的高度,其诊断模型具体公式如下^[30-31]:

$$O_j=\frac{I_j\times\omega_j}{\sum_{j=1}^mI_j\times\omega_j} \quad (10)$$

式中: I_j 为各指标最优目标值和实际值的差,可用 $1-r_{ij}$ (各指标标准化后的值与 1 的差值)表示; ω_j 为第 j 项指标的权重。

表 1 京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境协调发展指标体系及权重

目标层	一级指标	权重	二级指标	权重	类型	
城市化综合水平(UI)	人口城市化(UP1)	0.258	户籍非农人口比重(%)	0.069	+	
			二三产业人口比重(%)	0.078	+	
			城镇人口密度(人/km ²)	0.113	—	
	经济城市化(UE1)	0.282	人均 GDP(元)	0.099	+	
			二三产业占 GDP 比重(%)	0.066	+	
			人均地方财政收入(元)	0.118	+	
	空间城市化(UL1)	0.163	万人建成区总面积(km ²)	0.026	+	
			人均城市道路总面积(m ²)	0.051	+	
			公路密度(km/km ²)	0.086	+	
	社会城市化(US1)	0.295	城镇居民人均可支配收入(元)	0.111	+	
每万人在校大学生数(人)			0.033	+		
每千人卫生技术人员数(人)			0.151	+		
旅游业(TI)	旅游收入(TR1)	0.303	国际旅游收入(万美元)	0.092	+	
			国内旅游收入(亿元)	0.211	+	
	旅游就业(TE1)	0.170	星级饭店从业人员(人)	0.103	+	
			旅行社从业人员(人)	0.067	+	
	旅游设施(TF)	0.251	星级饭店数(个)	0.060	+	
			旅行社数(个)	0.097	+	
	游客数量(TN)	0.277	A 级以上景点个数(个)	0.094	+	
			接待境外游客(万人次)	0.082	+	
			接待国内游客(万人次)	0.195	+	
			人均可利用水资源总量(m ³ /人)	0.109	+	
生态环境(ECEI)	资源要素条件(RE1)	0.423	人均耕地面积(m ²)	0.136	+	
			人均粮食作物播种面积(m ²)	0.126	+	
	生态要素条件(EET)	0.289	人均粮食产量(kg)	0.052	+	
			建成区绿化覆盖率(%)	0.048	+	
			人均公园绿地面积(m ²)	0.123	+	
			水域面积(km ²)	0.118	—	
	环境压力条件(EPI)	0.288	人均工业废水排放量(t)	0.083	—	
			人均工业固体废物产生总量	0.104	—	
				人均工业废气排放总量(m ³)	0.101	—

表 2 耦合协调度等级划分

序号	耦合协调度范围	协调等级	序号	耦合协调度范围	协调等级
1	(0,0.1]	极度失调	6	(0.5,0.6]	勉强协调
2	(0.1,0.2]	严重失调	7	(0.6,0.7]	初级协调
3	(0.2,0.3]	中度失调	8	(0.7,0.8]	中级协调
4	(0.3,0.4]	轻度失调	9	(0.8,0.9]	良好协调
5	(0.4,0.5]	濒临失调	10	(0.9,1.0]	优质协调

3 结果与分析

3.1 城市化—旅游业—生态环境综合水平时序分析

图 2 为 2000—2017 年期间京津冀城市群城市化综合水平 (UI)、人口城市化 (UPI)、经济城市化 (UEI)、空间城市化 (ULI) 以及社会城市化 (USI) 的时

间变化趋势。从图中可以看出,UI 呈逐年上升的趋势,其值由 2000 年的 0.127 上升到 2017 年的 0.887,表明京津冀城市群自 2000 年以来城市化发展较快,城市经济不断发展,非农人口比例不断增加(图 2A)。具体来看,其 UPI,UEI,ULI 和 USI 均呈现增加的趋势,2010 年之前,其 UPI 对 UI 的贡献份额最大,表明这期间人口城市化所包含的要素在推动京津冀城市群城市化发展过程中起重要作用;2010 年以后,其 USI 对 UI 的贡献额度开始超过 UPI,USI 的值由 2000 年的 0.014 增加到 2017 年的 0.295,表明社会城市化所包含的要素对城市化发展的贡献越发重要;ULI 对 UI 的贡献额度不高,虽呈现波动上升趋势,但仍处于较低水平(图 2B)。

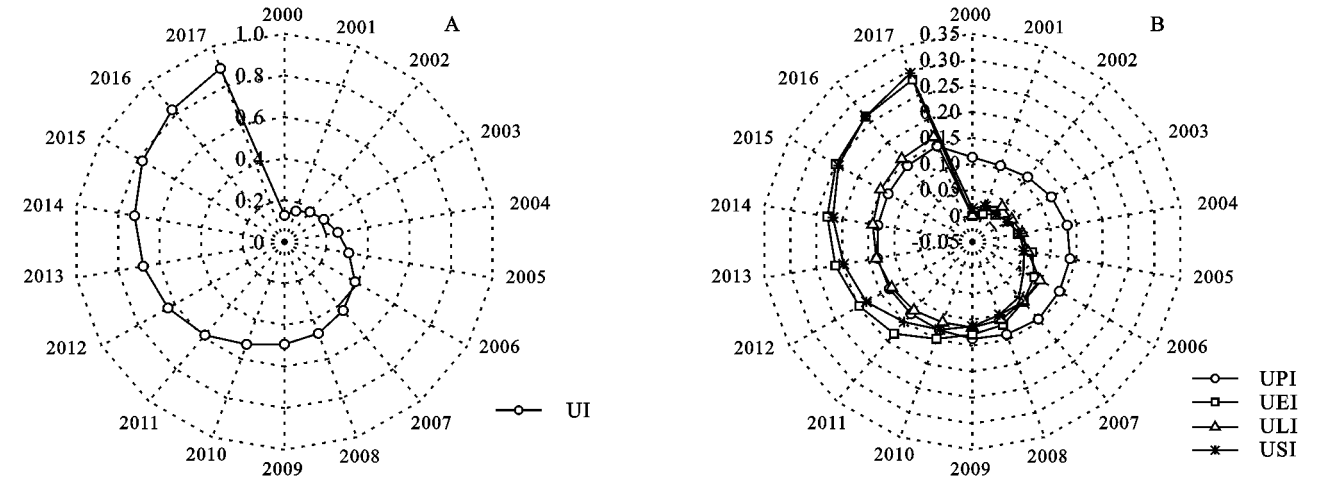


图 2 2000—2017 年京津冀城市群城市化水平时序变化

旅游业(TI)的变化与 UI 类似,均呈现上升的趋势,其值由 2000 年的 0.025 上升到 2017 年的 0.869,表明京津冀城市群自 2000 年以来旅游业发展较为迅速(图 3A)。从一级指标的变化趋势来看,旅游收入 (TRI)、旅游就业 (TEI)、旅游设施 (TF) 和游客数量 (TN) 均呈现波动增加的趋势。2010 年之前,其 TEI 和 TF 对旅游业子系统的贡献份额最大,表明这期间旅游就业和旅游设施所包含的要素在推动京津冀城市群旅游产业发展过程中起重要作用;2010 年以后, TN 和 TRI 对旅游业子系统的贡献额度开始超过 TEI,表明游客数量包含的要素对旅游产业发展的贡献越发重要(图 3B)。

图 4 展示了生态环境综合水平(ECEI)以及各一级指标的变化趋势。ECEI 在 2000—2017 年期间表现出波动下降的趋势,其值由 2000 年的 0.634 下降到 2017 年的 0.407,最低值出现在 2011 年(0.373),最高值出现在 2000 年(0.634)。2000—2009 年, ECEI 呈现波动下降的变化趋势;2010—2017 年 ECEI 呈现波动上升的趋势(图 4A)。从一级指标的

变化趋势来看,资源要素指标(REI)和环境压力指标 (EPI) 呈波动下降的趋势,而生态要素条件指标 (EEI) 呈现波动上升的趋势。2010 年之前,其 REI 和 EPI 对 ECEI 的贡献份额最大,表明这期间资源要素条件和环境压力条件所包含的要素在推动京津冀城市群生态环境子系统时间演变过程中起重要作用; 2010 年以后,其 EEI 对 ECEI 的贡献额度开始超过 REI 和 EPI,表明生态要素条件包含的要素对生态环境子系统时间演变的贡献越发重要。

3.2 城市化—旅游业—生态环境耦合协调度分析

2000—2017 年京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境耦合度(C)、耦合协调度(D)及类型见表 3。京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境耦合度总体水平较高,除 2000 年、2001 年的值较低外,其他年份的值均在 0.80 以上,这说明京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境之间的关联性较高。从耦合协调度的变化来看,2000—2017 年期间经历了轻度失调—濒临失调—勉强协调—初级协调—中级协调—良好协调的变化趋势,表明该城市群城市化综合水平、旅游业发

展水平和生态环境水平总体持续向良好的方向发展，到 2015 年在良好协调水平保持稳定发展。

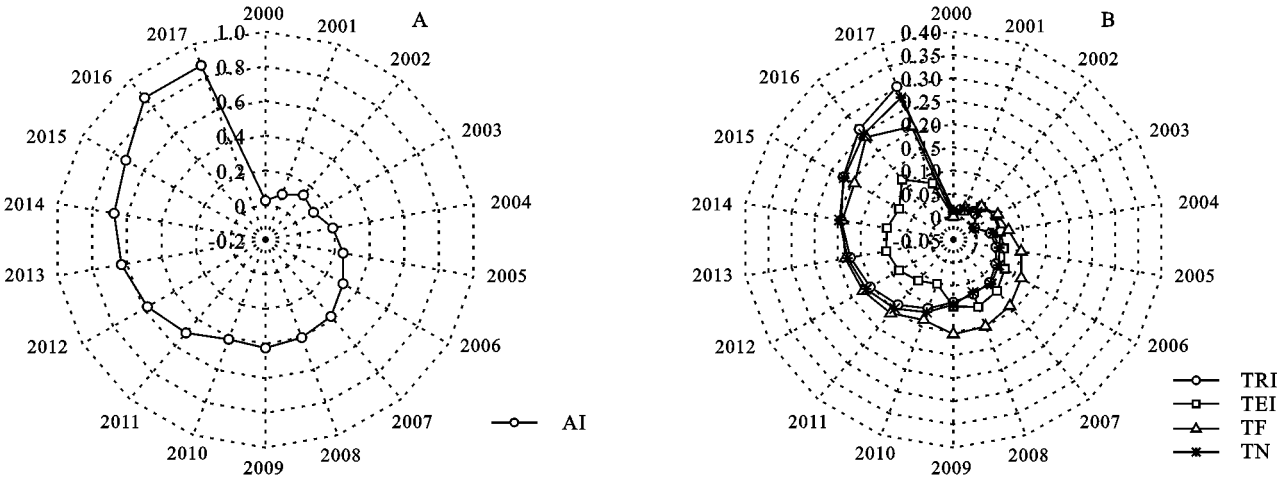


图 3 2000—2017 年京津冀城市群旅游产业水平时序变化

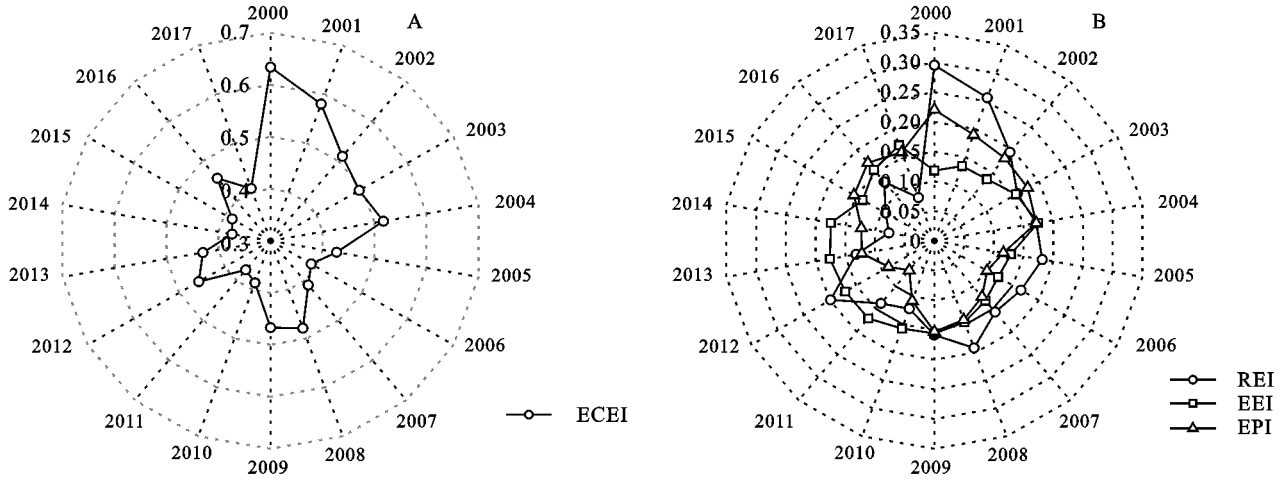


图 4 2000—2017 年京津冀城市群生态环境水平时序变化

表 3 2000—2017 年京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境耦合度及协调度

年份	UI	TI	ECEI	C	D	对比关系	耦合评价	类型
2000	0.127	0.011	0.634	0.377	0.340	ECEI>UI>TI	生态环境超前,旅游业滞后	轻度失调
2001	0.157	0.062	0.580	0.668	0.453	ECEI>UI>TI	生态环境超前,旅游业滞后	濒临失调
2002	0.187	0.115	0.512	0.820	0.498	ECEI>UI>TI	生态环境超前,旅游业滞后	濒临失调
2003	0.215	0.112	0.494	0.835	0.506	ECEI>UI>TI	生态环境超前,旅游业滞后	濒临失调
2004	0.257	0.165	0.517	0.894	0.554	ECEI>UI>TI	生态环境超前,旅游业滞后	勉强协调
2005	0.309	0.219	0.427	0.964	0.571	ECEI>UI>TI	生态环境超前,旅游业滞后	勉强协调
2006	0.385	0.276	0.389	0.988	0.600	ECEI>UI>TI	生态环境超前,旅游业滞后	初级协调
2007	0.432	0.339	0.411	0.995	0.635	ECEI>UI>TI	生态环境超前,旅游业滞后	初级协调
2008	0.469	0.375	0.479	0.994	0.672	ECEI>UI>TI	生态环境超前,旅游业滞后	初级协调
2009	0.493	0.400	0.467	0.996	0.680	ECEI>UI>TI	生态环境超前,旅游业滞后	初级协调
2010	0.525	0.387	0.386	0.989	0.661	UI>TI>ECEI	城市化超前,生态环境滞后	初级协调
2011	0.586	0.477	0.373	0.983	0.686	UI>TI>ECEI	城市化超前,生态环境滞后	中级协调
2012	0.637	0.557	0.457	0.991	0.738	UI>TI>ECEI	城市化超前,生态环境滞后	中级协调
2013	0.679	0.626	0.430	0.981	0.747	UI>TI>ECEI	城市化超前,生态环境滞后	中级协调
2014	0.721	0.680	0.374	0.960	0.742	UI>TI>ECEI	城市化超前,生态环境滞后	良好协调
2015	0.777	0.731	0.384	0.954	0.763	UI>TI>ECEI	城市化超前,生态环境滞后	良好协调
2016	0.828	0.874	0.457	0.961	0.814	TI>UI>ECEI	旅游业超前,生态环境滞后	良好协调
2017	0.887	0.880	0.407	0.942	0.808	UI>TI>ECEI	城市化超前,生态环境滞后	良好协调

从耦合的类型来看,京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境耦合协调可划分为生态环境超前和城市化超前型。具体分时间段来看,2000—2009 年属于生态环境超前型,UI 和 TI 的值均低于 ECEI,这表明此阶段京津冀城市群城市化发展较为落后,丰富的旅游资源并未得到有效的开发利用,城市化—旅游业—生态环境仅能达到轻度失调、濒临失调、勉强协调和初级协调水平,长期来看城市化和旅游产业仍有较大的发展空间。从 2010 年开始,该城市群城市化—旅游业—生态环境耦合协调类型转为城市化超前型,该阶段 UI 和 TI 均开始快速上升,但 ECEI 呈现波动上升的趋势,其值低于 UI 和 TI,表明城市化和旅游产业的快速发展在很大程度上对生态环境产生了消极的影响,粗放式的城市化和旅游业的发展会造成生态环境的破坏,进而制约生态环境的良性发展。

3.3 城市化—旅游业—生态环境耦合协调发展预测分析

为进一步了解京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境耦合协调度的未来变化趋势,基于 2000—2017 年的耦合协调度计算结果,根据灰色 Verhulst 的建模方法,预测未来 10 a(2018—2027 年)的耦合协调度,其灰色 Verhulst 构建的模型为:

$$\hat{x}(k+1) = \frac{ax^{(1)}(0)}{bx^{(1)}(0) + [a - bx^{(1)}(0)]e^{ak}} = \frac{-0.0856}{-0.0975 - 0.1250 \times e^{-0.2225k}} \quad (11)$$

利用模型(11)对 2000—2017 年的京津冀城市群耦合协调度进行预测,将预测值与初始值进行比较拟合。如图 5 所示,该模型预测结果与实际计算的耦合协调度拟合效果良好,其 2000—2017 年该城市群城市化—旅游业—生态环境耦合协调度的初始值与预测值的平均误差为 2.41%,模型的预测精度可达 97.59%,可以用来预测未来 10 a 京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境耦合协调度的值,其预测结果见图 6。结果显示,未来 10 a 该城市群城市化—旅游业—生态环境耦合协调度的值将保持小幅度的持续上升趋势,耦合协调度总体上在逐步向好发展。

3.4 障碍性因素诊断

2000—2017 年京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境各子系统的障碍度见图 7。在城市化水平系统中,人口城市化水平(UI)的障碍度比例较大,平均值达到 32.63%,其次为社会城市化水平(USI)、经济城市化水平(UEI)和土地城市化水平(ULI),其

值分别为 30.75%,25.69%,11.13%,表明 UPI 和 USI 是制约城市化子系统的主要要素。由此可见,在新常态下,提高城市化水平,应重点关注人口城市化和社会城市化。从各个一级指标的时间变化趋势来看,UPI 的障碍度逐年增加,2012 年增速明显加快,其年均增长达 3.38%;UEI 和 ULI 的障碍度呈下降的趋势,下降速率分别为 1.55%,0.89%;USI 的障碍度呈先上升后下降的波动起伏变化趋势(图 7A)。

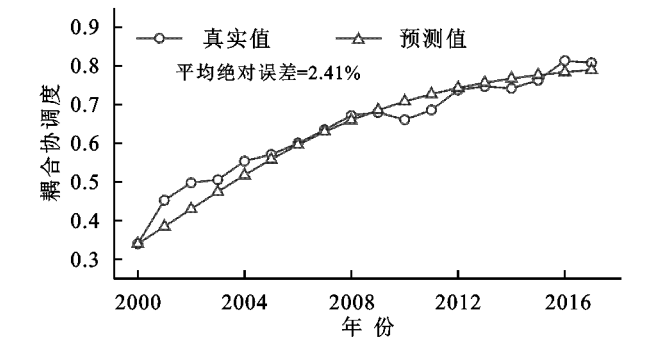


图 5 2000—2017 年京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境耦合协调度真实值与灰色预测值的拟合趋势

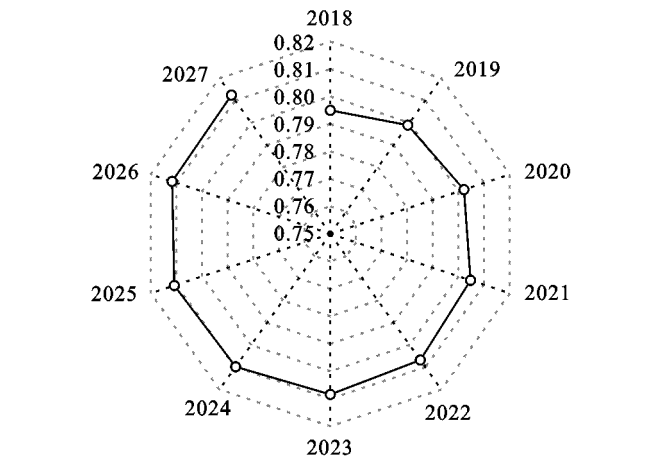


图 6 京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境耦合协调度预测值

从旅游业发展水平系统来看,旅游收入(TRI)的障碍度所占比例较大,其平均值达到 32.38%,其次为游客数量(TN)、旅游就业(TEI)和旅游设施(TF),其值分别为 27.21%,26.18%,14.23%。从各个一级指标的时间变化趋势来看,旅游设施的障碍度逐年下降,其年均下降速率达 0.98%;TRI 和 TN 呈先上升后下降的波动起伏变化趋势,而 TEI 呈先下降后上升的波动起伏变化趋势。由此可见,提高旅游产业发展水平,应重点关注旅游收入和游客数量(图 7B)。

从生态环境子系统来看,资源要素条件(REI)的障碍度比例最大,其平均值达到 47.73%,其次为生态环境条件(EED)和生态要素条件(EPI),其值分别为 26.12%,26.14%。从其时间变化趋势来看,资源要素条件(REI)

呈现增加的趋势,其增加速率为 0.78%;生态要素条件(EED)呈减小的趋势,其减少速率为 0.99%;环境压力条件(EPI)呈先增加后减少的趋势(图 7C)。

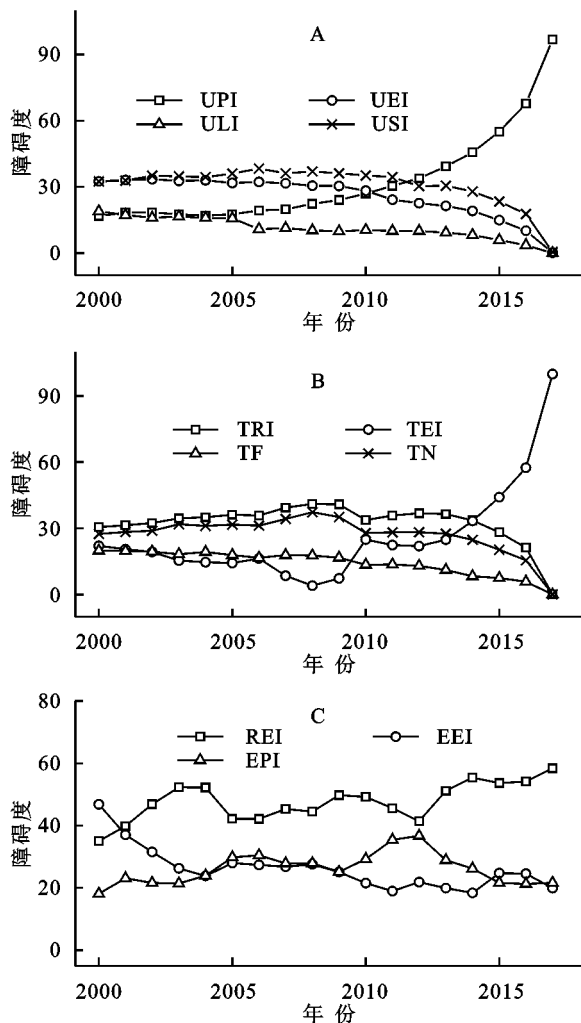


图 7 2000—2017 年影响京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境耦合协调度一级指标的障碍度

4 结论与讨论

(1) 从 3 个子系统的时间变化趋势来看,城市化综合水平子系统和旅游产业子系统均呈现增加的趋势,其值由 2000 年的 0.126,0.025 分别上升到 2017 年的 0.887, 0.869。生态环境子系统呈现减少的趋势,其值由 2000 年的 0.634 下降到 2017 年的 0.407。从贡献份额来看,2010 年之前,其 UPI 对 UI 的贡献份额最大,TEI 和 TN 对 TI 的贡献份额最大,REI 对 ECEI 的贡献份额最大;2010 年以后,其 USI 对 UI 的贡献额度开始超过 UPI,TN 和 TRI 对 TI 的贡献额度开始超过 TEI,EEI 对 ECEI 的贡献额度开始超过 REI。

(2) 2000—2017 年期间京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境三者之间具有较高的关联度($C>0.8$),耦合协调度经历了轻度失调—濒临失调—勉强协调—

初级协调—中级协调—良好协调的变化趋势,其耦合的类型可划分为生态环境超前和城市化超前型。

(3) 灰色 Verhulst 模型预测精度达到 97.59%,其预测的京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境耦合协调度在未来 10 a(2018—2027 年)保持小幅度的持续上升趋势。

(4) 从各个一级指标对子系统的障碍度来看,人口城市化水平(UPI)对其城市化子系统的影响较大(32.63%),其呈现逐年增加的趋势,年均增长达 3.38%;旅游收入(TRI)对旅游业子系统的影响最大,其均值为 32.38%,时间上呈先上升后下降的波动变化趋势;资源要素条件(REI)对生态环境子系统的影响最大,其均值达到 47.73%,时间上呈现增加的趋势,其增加速率为 0.78%。

目前已有诸多学者对城市化、旅游业和生态环境的耦合关系进行了研究^[8,16,32-33],但是针对特大城市群地区的研究仍处于探索阶段。本研究借鉴已有的研究成果测算 2000—2017 年京津冀城市群地区耦合协调度,预测了未来 10 a(2018—2027 年)该地区的耦合协调度,并诊断了影响 3 个子系统的障碍因子(图 7),为提升京津冀城市群地区城市化、旅游业和生态环境的耦合协调关系提供一定的指导和借鉴。今后,京津冀城市群应重点关注人口城市化水平(UPI)、旅游收入(TRI)和资源要素条件(REI)对城市化、旅游业和生态环境的影响。研究结果可以更好地了解京津冀城市群城市化—旅游业—生态环境的耦合协调发展情况,并为合理制定和规划未来城市发展、推动旅游产业健康发展给予参考。然而,区域城市化、旅游业和生态环境涉及指标众多,相关政策、规划等诸多定性指标无法直接量化,同时由于数据的可获取性,没有对不同地市的城市化—旅游业—生态环境的耦合协调关系在空间上进行横向比较研究,今后研究中因综合考虑以上因素,以便更加全面地测度城市化—旅游业—生态环境的耦合协调发展情况,为城市社会经济的可持续发展提供更多指导和借鉴。

参考文献:

- [1] 朱诚,姜逢清,吴立,等.对全球变化背景下长三角地区城镇化发展科学问题的思考[J].地理学报,2017,72(4): 633-645.
- [2] 赵安周,裴韬,曹森,等.京津冀城市扩张对植被和地表城市热岛的影响[J].中国环境科学,2020,40(4):1825-1833.
- [3] 方创琳,周成虎,顾朝林,等.特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径

- [J].地理学报,2016,71(4):531-550.
- [4] 王新越,刘二恋,候娟娟.山东省旅游城镇化响应的时空分异特征与类型研究[J].地理科学,2017,37(7):1087-1094.
- [5] 马晓龙,李秋云.城市化与城市旅游发展因果关系的判定及生成机理研究:张家界案例[J].地理与地理信息科学,2014,30(4):95-101.
- [6] 胡振鹏,黄晓杏,傅春,等.环鄱阳湖地区旅游产业—城镇化—生态环境交互耦合的定量比较及演化分析[J].长江流域资源与环境,2015,24(12):2012-2020.
- [7] 方叶林,黄震方,段忠贤,等.中国旅游业发展与生态环境耦合协调研究[J].经济地理,2013,33(12):195-201.
- [8] 赵胡兰,杨兆萍,韩芳,等.新疆旅游产业—经济发展—生态环境耦合态势分析及预测[J].干旱区地理,2020,43(4):1146-1154.
- [9] 高楠,马耀峰,李天顺,等.基于耦合模型旅游产业与城市化协调发展研究:以西安市为例[J].旅游学刊,2013,28(1):62-68.
- [10] 王新越,伍烨轩.中国东部地区国内旅游消费与城镇化协调关系研究[J].地理科学,2018,38(7):1139-1147.
- [11] He J Q, Wang S J, Liu Y Y, et al. Examining the relationship between urbanization and the eco-environment using a coupling analysis: Case study of Shanghai, China [J]. Ecological Indicators, 2017,77:185-193.
- [12] 方创琳,高倩,张小雷,等.城市群扩展的时空演化特征及对生态环境的影响:以天山北坡城市群为例[J].中国科学:地球科学,2019,49(9):1413-1424.
- [13] 刘遗志,胡争艳.基于PSR模型旅游发展与生态环境耦合协调研究:基于贵州省的实证分析[J].生态经济,2020,36(3):132-136.
- [14] 熊建新,王文辉,贺赛花,等.洞庭湖区旅游城镇化的时空分异及演化[J].经济地理,2020,40(5):210-219.
- [15] Liu J S, Li C, Tao J Q, et al. Spatiotemporal coupling factors and mode of tourism industry, urbanization and ecological environment: A case study of Shaanxi, China [J]. Sustainability, 2019; 11(18). DOI: 10.3390/su11184923.
- [16] 李秋雨,朱麟奇,王吉玉.全域旅游背景下吉林省旅游业—经济—社会—生态环境协调性研究[J].地理科学,2020,40(6):948-955.
- [17] 高杨,马耀峰,刘军胜.旅游业—城市化—生态环境耦合协调及发展类型研究:以京津冀地区为例[J].陕西师范大学学报:自然科学版,2016,44(5):109-118.
- [18] Wang S J, Ma H T, Zhao Y W. Exploring the relationship between urbanization and the eco-environment: A case study of Beijing-Tianjin-Hebei region [J]. Ecological Indicators, 2014,45:171-183.
- [19] 王振波,梁龙武,方创琳,等.京津冀特大城市群生态安全格局时空演变特征及其影响因素[J].生态学报,2018,38(12):4132-4144.
- [20] 王海军,张彬,刘耀林,等.基于重心-GTWR模型的京津冀城市群城镇扩展格局与驱动力多维解析[J].地理学报,2018,73(6):92-108.
- [21] 樊杰.京津冀都市圈区域综合规划研究[M].北京:科学出版社,2008.
- [22] 国家旅游局.中国旅游统计年鉴[M].北京:中国旅游出版社,2018.
- [23] Du Y Y, Wan Q, Liu H M, et al. How does urbanization influence PM_{2.5} concentrations: Perspective of spillover effect of multi-dimensional urbanization impact [J]. Journal of Cleaner Production, 2019,220:974-983.
- [24] 王少剑,方创琳,王洋.京津冀地区城市化与生态环境交互耦合关系定量测度[J].生态学报,2015,35(7):2244-2254.
- [25] Liu N N, Liu C Z, Xia Y F, et al. Examining the coordination between urbanization and eco-environment using coupling and spatial analyses: A case study in China [J]. Ecological Indicators, 2018,93:1163-1175.
- [26] 崔学刚,方创琳,张蔷.京津冀城市群环境规制强度与城镇化质量的协调性分析[J].自然资源学报,2018,33(4):563-575.
- [27] 廖重斌.环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系:以珠江三角洲城市群为例[J].热带地理,1999,19(2):76-82.
- [28] 胡泊.吉林省城市化发展与水资源可持续利用研究[D].长春:吉林大学,2009.
- [29] 汪杨骏,张韧,钱龙霞,等.海平面上升引发的极端高水位的频率风险评估模型及其应用:以宁波为例[J].灾害学,2016,31(1):213-218.
- [30] 雷勋平, Qiu R, 刘勇.基于熵权 TOPSIS 模型的区域土地利用绩效评价及障碍因子诊断[J].农业工程学报,2016,32(13):243-253.
- [31] 刁艺璇,左其亭,马军霞.黄河流域城镇化与水资源利用水平及其耦合协调分析[J].北京师范大学学报:自然科学版,2020,56(3):326-333.
- [32] 周蕾,王冲.中国旅游产业—新型城镇化—生态环境耦合协调度实证研究[J].西南交通大学学报:社会科学版,2016,17(6):122-129,141.
- [33] 杨秀平,张大成,袁朋朋,等.旅游业—生态环境—城镇化系统耦合协调度研究:以宁夏回族自治区为例[J].数学的实践与认识,2020,50(2):35-47.