

doi: 10.16006/j.cnki.twnt.2020.06.006

福建省城镇化与生态环境耦合协调的时空特征及影响因素

吴思琦, 王晓文

(福建师范大学地理学院, 福建 福州 350007)

摘要:【目的/意义】我国在快速城镇化的发展过程中,出现了水资源浪费严重、大气质量下降、土地退化等一系列生态环境问题,探讨如何在城镇化过程中兼顾生态环境的保护,为推动城市与社会的可持续发展提供理论与方法支撑。【方法/过程】应用耦合协调度模型、地理探测器等方法对2009–2017年福建省城镇化与生态环境耦合协调度及影响因素进行了分析。【结果/结论】福建省2009–2017年城镇化与生态环境耦合协调呈现上升趋势,协调等级已发展为中度协调;福建省各市的城镇化与生态环境耦合协调度持续提高,几乎都在勉强协调及以上,福州、厦门和泉州已达到优质和良好协调;空间上表现为东南部沿海地区高,西北内陆地区低的分异;空间分异的主要影响因素有R&D经费支出、二三产业增加值占GDP比重、人均财政预算内收入等。

关键词: 福建省; 城镇化; 生态环境; 耦合协调

中图分类号: F299.27

文献标志码: A

文章编号: 1637–5617 (2020) 06–0033–08

Spatial-temporal Characteristics and Influencing Factors of the Coupling Coordination Between the Urbanization and Ecological Environment in Fujian Province

WU Si-qi, WANG Xiao-wen

(College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350007, China)

Abstract 【Objective/Meaning】In the development process of rapid urbanization, there were a series of ecological and environmental problems, such as serious waste of water resources, degradation of air quality and land degradation, etc. By exploring how to take the protection of ecological environment into consideration in the process of urbanization, it would provide theoretical and methodological support for promoting the sustainable development of cities and the society. 【Methods/Procedures】The coupling coordination degree model and geographic detectors were used to analyze the coupling coordination degree and influencing factors of the urbanization and ecological environment in Fujian Province from 2009 to 2017. 【Results/Conclusions】The coupling coordination between the urbanization and ecological environment in Fujian Province from 2009 to 2017 showed an upward trend, and the coordination level has developed to the moderate coordination; The degree of coupling coordination between the urbanization and ecological environment in each city of Fujian continued to increase, and almost all of them were barely coordinated and above, while Fuzhou, Xiamen and Quanzhou have reached high quality and sound coordination; The spatial differentiation was mainly manifested in the high coordination of southeast coastal areas and the low coordination of northwest inland areas; And the main influencing factors of the spatial differentiation included R&D expenditures, the proportion of the added value of secondary and tertiary industries in GDP, per capita financial budget income, etc.

Key words: Fujian Province; urbanization; ecological environment; coupling coordination

城镇化是一个国家实现工业化和现代化的必须过程^[1]。新中国成立70年以来,我国经历了世界历史上规模最大、速度最快的城镇化进程。截至

2017年底,我国城镇化率达到58.52%。在城镇化迅速发展的过程中,我国的生态环境面临着巨大的挑战,如水资源浪费严重、大气质量下降、土地退

收稿日期: 2020–07–28

作者简介: 吴思琦(1994–),女,硕士研究生,研究方向: 城市地理与城镇规划。E-mail: 541585738@qq.com

通讯作者: 王晓文(1966–),女,副教授,研究方向: 人文地理与城市地理。E-mail: wan32692@fjnu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金项目(J1210067)

化等一系列环境问题,严重影响和制约着我国可持续发展和人民生活水平的提升。党的十八大第一次把“美丽中国”的生态文明建设目标写进报告,十九大报告更是提到“像对待生命一样对待生态环境”“绿水青山就是金山银山”“实行最严格的生态环境保护制度”等论断,将生态环境的维护与治理提升到新的高度。城镇化的快速发展和生态环境的保护是一个问题的两个面,属于对立又统一的关系。如何协调好城镇化与生态环境的关系成为国内外学者关注的热点。

目前相关研究主要有以下几个方面。(1) 城镇化与生态环境的关系研究。19 世纪末,英国社会学家 Howard^[2]提出一种称之为“田园城市”的城市规划设想,即把城市生活的优点同乡村的美好环境相结合,对现代城市规划等相关研究起到了重要的启蒙作用。Meadows^[3]在其著作《增长的极限》指出,城市化过程中,随着经济的快速发展而使生态环境衰败的速度呈现出指数型增长。我国学者关丽洁^[4]认为在城镇化发展进程中产生的资源浪费、环境恶化等问题会制约其可持续发展,但城镇化经过调整优化后,可以有效减少人类对大自然的干扰程度^[5]。(2) 城镇化与生态环境耦合关系机理研究。经济合作与开发组织(OECD)提出的“脱钩”理论指出随着发展进程推进,经济发展与环境压力可能会出现背向发展的趋势^[6],该理论在一定程度上阐释了城镇化与生态环境耦合发展的内在联系。张晓琴等^[7]发现县域新型城镇化建设目标与生态理念的有机、系统和权利特征之间存在内在耦合性。方创琳等^[8]以特大城市群地区为研究对象,建构了多尺度-多技术-多智能体集成下的城镇化与生态环境交互耦合技术框架与技术路径。(3) 城镇化与生态环境耦合发展的实证研究。环境库兹涅茨曲线(EKC)认为在经济增长与环境污染之间存在一种倒“U”型的关系,环境质量在经济增长过程中呈现先恶化后改善的情形^[9]。Kasman 等^[10]调查了 1992-2010 年期间欧盟成员国能源消耗、二氧化碳排放量等生态环境指标与城市化之间的关系,证实了生态环境与城市化之间存在倒“U”型关系。我国学者汪中华等^[11]通过建立指标评价体系并结合耦合测度模型对中国 30 个地区城市化与生态环境的耦合值进行测度。曹祺文等^[12]在中国城镇化系统力学模型的基础上,拓展出基于水资源约束的中国城镇化 SD 模型,并

对水资源利用进行了多情景模拟。马艳^[13]以长江经济带为例,运用耦合协调模型和交互胁迫模型,探究其城镇化与生态环境的动态关系。从研究尺度看,研究区域多以国家、城市群层面为主;从研究视角看,已有的实证研究多是对城镇化与生态环境耦合协调度水平进行水平测度与时空特征的描述,对于二者之间耦合协调发展影响机制的相关研究较少;从研究方法看,耦合度函数^[6,13]、系统力学模型^[12]、回归分析^[14]等均有应用。

福建省位于我国东南沿海地区,是全国城镇化程度和经济发展水平较高的地区之一,同时是国家首个生态文明实验区,生态指数位居全国第一。基于前人的研究,本文以福建省及其地级市为研究案例,构建评价城镇化和生态环境发展水平的指标体系,通过耦合协调度模型对两者之间的关系进行测度,运用地理探测器探讨两者耦合协调的影响因素,以期对福建省及相似地区的城镇化与生态环境耦合协调发展的相关决策提供路径选择。

1 研究方法

1.1 指标体系的构建

本文根据城镇化与生态环境的本质内涵,在借鉴前人研究结果的基础上^[5-6,13],结合福建省发展实际,从人口、空间、经济、社会共 4 个方面选取 13 个指标构建城镇化发展水平的指标体系;从生态环境、压力、响应共 3 个方面选取 12 个指标构建生态环境发展水平的指标体系(表 1)。本文所有的数据来源于 2010-2018 年的《中国城市统计年鉴》《福建统计年鉴》,以及 2009-2017 年福建省及各市的环境质量报告书。

1.2 研究方法

1.2.1 变异系数 为防止因指标量纲的不同对权重产生影响,以及为避免专家打分赋权的主观性,本文选取了变异系数法,计算公式如下:

$$V_i = \frac{\sigma_i}{\bar{x}_i} (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$w_i = V_i / \sum_{i=1}^n V_i (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

式(1)、式(2)中, σ_i 为第*i*项指标的标准差, $\bar{x}_i$ 为第*i*项指标的平均数, V_i 为第*i*项指标的变异系数, w_i 为第*i*项指标的权重。这里需要注意的是对于正向指标,指标越大越好;对于负向指标,指标则越小越好,实际生态环境指标中具有负

向指标, 因此为了消除数据的数量级及量纲的不同影响, 在计算变异系数前需要采用极差标准化法对原始数据进行处理, 计算公式为:

$$x'_{ij} = (x_{ij} - x_{j\min}) / (x_{j\max} - x_{j\min}) \quad (3)$$

$$x'_{ij} = (x_{j\max} - x_{ij}) / (x_{j\max} - x_{j\min}) \quad (4)$$

式(3)、式(4)中, x'_{ij} 为原始数值经过标准化后的数值, x_{ij} 为原始数值, i 为指标序号, j 为年份。

表1 城镇化与生态环境系统指标体系

系统层	一级指标	二级指标	方向
城镇化系统	人口城镇化	城镇人口比率(%)	正向
		二、三产业从业人数比率(%)	正向
		人口密度(人/km ²)	正向
	空间城镇化	建成区面积(km ²)	正向
		城市建设用地占市区面积比重(%)	正向
		人均城市道路面积(m ²)	正向
	经济城镇化	人均GDP(元)	正向
		二三产业所占GDP比重(%)	正向
		城镇居民人均可支配收入(元)	正向
	社会城镇化	移动电话用户(万户)	正向
		每万人在校大学生数(人)	正向
		每千人拥有医院卫生床数(张)	正向
生态环境系统	压力	每万人拥有公交车数量(辆)	正向
		人均工业废水排放量(t)	负向
		人均工业SO ₂ 排放量(t)	负向
		人均工业粉尘排放量(t)	负向
	状态	人均用水量(m ³)	负向
		建成区绿地覆盖率(%)	正向
		人均绿地面积(m ²)	正向
		人均供水量(m ³)	正向
	响应	城区环境空气达标率(%)	正向
		生活垃圾无害化处理率(%)	正向
		城镇生活污水处理率(%)	正向
		工业固体废弃物综合利用率(%)	正向
		工业污染治理投资额(万元)	正向

1.2.2 耦合度模型 “耦合”是来源于物理学中的概念, 是指2个或2个以上的系统通过自身或者外界各种相互作用、相互影响的现象^[15]。2个系统耦合度的模型为:

$$C = 2 \sqrt{u_1 u_2} / (u_1 + u_2) \quad (5)$$

式(5)中, C 为耦合度, u_1 、 u_2 分别为城镇化综合发展指数与生态环境发展综合发展指数。由于城镇化与生态环境这2个系统发展水平存在差异, 可能会出现低水平高耦合度的情况, 为了更精准地反映城镇化与生态环境协调发展水平, 需要采用耦合协调度模型进一步分析。计算公式为:

$$D = (C \times T)^{1/2}, T = \alpha \times u_1 + \beta \times u_2 \quad (6)$$

式(6)中, D 为耦合协调度, T 为城镇化与生态环境的综合协调指数, α 、 β 为待定系数, 代表城镇化与生态环境对社会发展的贡献程度, 考虑到2个系统重要性相同, 取 $\alpha = \beta = 0.5$ ^[16]。本文根据计算结果与福建省实际情况, 在参考已有文献的基础上, 将城镇化与生态环境的协调类型划分为严重失调 ($0 < D \leq 0.2$)、中度失调 ($0.2 < D \leq 0.3$)、轻度失调 ($0.3 < D \leq 0.4$)、勉强协调 ($0.4 < D \leq 0.5$)、初级协调 ($0.5 < D \leq 0.6$)、中度协调 ($0.6 < D \leq 0.7$)、良好协调 ($0.7 < D \leq 0.8$) 和优质协调 ($0.8 < D \leq 1$), 共8个等级。

1.2.3 地理探测器 据王劲风等人^[17]的研究, 地理探测器模型可以克服统计方法处理变量的局限性, 是探测空间分异性, 以及揭示其背后驱动力的一组统计学方法, 目前已经在自然和社会科学多领域得到了应用。本文应用地理探测器模型来探测城镇化与生态环境耦合协调的影响因素, 模型如下:

$$P_{D,u} = 1 - \frac{1}{n\sigma_u^2} \sum_{i=1}^L n_{D,i} \sigma_{UD,i}^2 \quad (7)$$

式(7)中, $P_{D,u}$ 为影响因子 D 对耦合协调度的探测力值, n 为整个区域的样本数, σ_u^2 为整个区域城镇化与生态环境耦合协调度的方差, L 为次级区域的个数, $n_{D,i}$ 为次一级区域的样本数, $\sigma_{UD,i}^2$ 为次一级区域城镇化与生态环境耦合协调度的方差, $P_{D,u}$ 取值范围为 $[0, 1]$, 值越大说明该项因子对2个系统的耦合协调度的影响越大。

2 福建省城镇化与生态环境耦合协调的特征分析

2.1 耦合协调总体演化特征

本文对原始数据进行标准化处理后, 根据式(5)和式(6)得出2009–2017年福建省城镇化与生态环境综合发展指数(图1)、耦合度与耦合协调度(图2)。从城镇化综合发展指数来看, 福建省城镇化发展水平为持续上升的趋势, 福建省拥有良好区位、政策支持、能源丰富等优势条件, 促

使人口不断向城市聚集,城市持续扩张使城镇化水平得到快速的提升;从生态环境综合发展指数来看,福建省生态环境发展水平为波动上升趋势,在 2011 年生态发展水平下降,这一年同时是所求年份中城镇化增速最快年份之一,表明快速城镇化给生态环境带来了巨大的压力。2011 年后生态环境快速发展至 2013 年后维持在相对稳定的水平,在经历粗放式经济增长方式后,政府更加注重城镇化的发展质量,通过改善人民生活发生、环境治理等一系列措施使生态环境水平得到发展;从耦合度看,福建省城镇化与生态环境耦合度介于 0.4302~0.4999 之间,2013 年后数值一直在 0.49 左右徘徊,但未超过 0.5,表明福建省城镇化发展与生态环境两者互动耦合十分紧密,耦合度达到拮抗阶段极值,即将进入磨合阶段;从耦合协调度看,福建省城镇化与生态环境的耦合协调度一直处于上升趋势,协调等级从中度失调发展到中度协调。根据图 1,协调模式分为 2 个阶段,2009-2013 年为城镇化滞后阶段,2014-2017 年为生态环境滞后阶段,表明快速城镇化给生态环境造成巨大的压力,但同时城镇化发展带来环境治理技术进步、投入加大等情况,使生态环境质量处于上升水平,从而使耦合协调度上升。

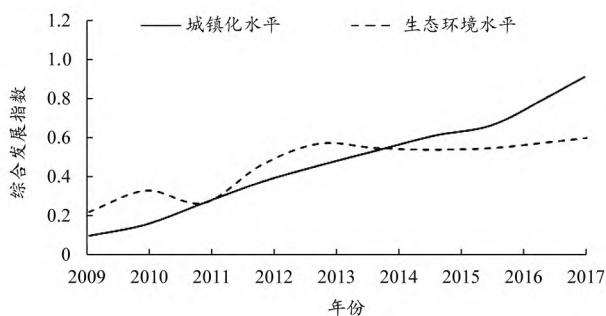


图 1 福建省城镇化与生态环境综合发展指数

2.2 各市耦合协调度演化特征

2.2.1 综合发展水平演化特征分析 根据变异系数分别确定各指标权重,计算得到 2009、2013 和 2017 年福建省各市城镇化系统与生态环境系统的综合发展指数(表 2)。根据其可将福建省各市城镇化与生态环境发展水平划分为 4 类: $0 < (u_1, u_2) < 0.1$ 为发展水平弱; $0.1 < (u_1, u_2) < 0.2$ 为发展水平一般; $0.2 < (u_1, u_2) < 0.4$ 为发展水平较高; $0.4 < (u_1, u_2) < 1$ 为发展水平高。

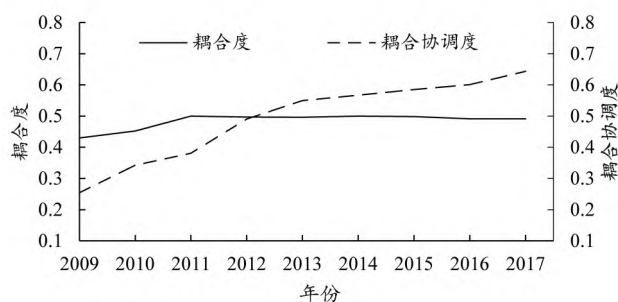


图 2 福建省城镇化与生态环境耦合度与耦合协调度

从城镇化系统来看,3 个时间段城镇化综合发展指数 (u_1) 平均值分别为 0.3066、0.3131 和 0.3344,表明福建省各市城镇化水平不断得到提升,且总体水平较高;变异系数数值较大,但随着时间的推移,数值有所缩小,表明福建省各市城镇化发展水平差异较大但呈现缩小的趋势。具体来看,厦门市城镇化发展水平一直处于福建省“领头羊”地位,厦门市良好的区位、优惠的政策以及舒适的环境等使其对资本、人才吸引能力巨大促进了城镇化发展水平快速发展。此外,省会城市福州市、县域经济发达的泉州市城镇化发展水平也处于高水平。漳州市城镇化发展水平一直处于较高水平,莆田市在 2009、2013 年城镇化发展水平一般,但数值无限接近较高水平,在 2017 年数值上升到 0.2783,进入较高水平。龙岩市、三明市城镇化发展水平一直处于一般,南平市、宁德市则一直处于较弱的发展水平。从生态环境系统来看,3 个时间段生态环境综合发展指数 (u_2) 平均值分别为 0.4557、0.4639 和 0.5273,表明生态环境发展水平也是处于不断上升的状态且处于高水平且各市生态发展水平差距较小。具体来看,福州市、厦门市和泉州市属于高城镇化高生态环境发展水平的类型,与其他城市相比产生的生态压力更大,但同时生态响应如重视污染治理的投资、并实现工业废物充分利用等使其生态环境发展水平处于高水平。漳州市、莆田市生态环境一直处于高水平。龙岩市生态环境发展水平增长最快,在 2017 年也达到了高水平。三明市的生态环境发展水平在 2009、2013 年一直位于福建省最末,作为新兴工业城市,其人均工业废物排放量明显高于其他城市,经济活动对水资源的消耗较大,引起相关部门注意经过治理、投资,生态环境得到快速发展在 2017 年接近高水平。南平市生态环境发展在 2009 年为较高水平之

后进入高水平，而宁德市在 2017 年时从高水平下降为较高水平。

表 2 福建省各市城镇化与生态环境综合发展指数

城市	2009 年		2013 年		2017 年	
	城镇化综合发展 指数(u_1)	生态环境综合发展 指数(u_2)	城镇化综合发展 指数(u_1)	生态环境综合发展 指数(u_2)	城镇化综合发展 指数(u_1)	生态环境综合发展 指数(u_2)
福州	0.5229	0.4864	0.5326	0.4529	0.5691	0.5454
厦门	0.8955	0.6535	0.8065	0.4802	0.8129	0.8032
泉州	0.4186	0.6741	0.4822	0.6694	0.5563	0.6042
漳州	0.2449	0.4336	0.2406	0.4209	0.2783	0.5165
莆田	0.1939	0.5163	0.1960	0.6392	0.2537	0.5158
龙岩	0.1688	0.3062	0.1985	0.3577	0.1955	0.5215
三明	0.1622	0.2550	0.1730	0.2737	0.1489	0.3941
南平	0.0671	0.3373	0.1095	0.4339	0.0711	0.4929
宁德	0.0853	0.4390	0.0790	0.4472	0.1240	0.3523
平均值	0.3066	0.4557	0.3131	0.4639	0.3344	0.5273

2.2.2 耦合协调度演化特征 基于耦合协调度模型，以 2009、2013、2017 年这 3 个时间点数据计算福建省各个地级市城镇化与生态环境的耦合协调度（表 3）。从表 3 可以看出，总体上福建省各个城市的城镇化与生态环境的耦合度呈现出上升的趋势，个别城市如福州市、厦门市、漳州市在 2013 年出现回落，但回落数值很小。从协调等级来看，除了南平市 2009 年为轻度失调外，3 个时间段各市都在勉强协调以上，且初级协调以上的城市占比为 62.96%，表明福建省城镇化发展的同时注重对生态环境的保护与提升，符合生态文明先行示范区的形象。具体来看：研究期间仅有厦门达到优质协调，且耦合协调度一直居于首位，其在 2013 年下落到良好协调，表明快速的城镇化给生态环境带来巨大压力，经过调整又在 2017 年上升为优质协调；福州市、泉州市的城镇化与生态环境发展水平一直处于较高状态而使耦合协调度等级维持在良好协调；较长时间维持在初级协调的有漳州市、莆田市、龙岩市，其中漳州市、莆田市在 2017 年由初级协调上升为中级协调，龙岩市在 2009 年后由勉强协调上升为初级协调；南平市在 2009 年城镇化发展水平远远低于其生态环境水平而处于轻度失调，随着城镇化发展上升为勉强协调；三明市、宁德市与其他各市相比城镇化与生态环境均处于较低水平，因此长期维持在勉强协调。根据结果可以将

福建省的城镇化与生态环境耦合协调度 3 个层次：福州市、厦门市、泉州市的耦合协调度相对较高属于第一层级；漳州市、莆田市、龙岩市为第二层级；三明市、南平市、宁德市的耦合协调度长期处于勉强协调等级，相对较低，属于第三层级。从福建省各市城镇化与生态环境耦合协调度空间分布来看，呈现出东南部沿海地区高，西北部内陆地区低的空间分布差异特征。这一格局主要是因为沿海地区快速的城镇化进程给生态环境带来更大的压力，但经济发展与内陆地区相比有明显的优势使生态响应充足，一定程度上弥补了城镇化与生态环境发展的不均衡程度；内陆地区生态环境基础好，随着经济不断发展与政策支持，城镇化与生态环境的耦合协调度有了一定的提升。

以丛小丽等^[18]根据吉林省生态旅游与旅游环境系统各自发展水平，将耦合协调度的类别分为了 3 种类型为依据，本文将城镇化与生态环境的耦合协调度类型划分为：城镇化发展指数大于生态环境发展指数的，为生态环境滞后型；城镇化发展指数约等于生态环境发展指数的，为同步型；城镇化发展指数小于生态环境发展指数的，为城镇化滞后型。从福建省各市的城镇化与生态环境耦合协调度类型来看，生态环境滞后、城镇化滞后、基本同步在 3 个年段上的比例分别为 14.8%、74% 和 11.2%，总体表现为城镇化发展滞后于生态环境的

发展,这是由于虽然福建省城镇化水平较高但近年来增长速率减慢,作为我国南方地区重要的生态屏障,深入实施生态省战略使生态环境发展水平维持在较高水平且不断发展。福州市、厦门市在 2009

和 2013 年为生态环境滞后型,经过治理在 2017 年发展为基本同步型;泉州市在 2009 年和 2013 年为城镇化滞后型,在 2017 年也发展为基本同步型。其余各市还处于城镇化滞后阶段。

表 3 福建省各市城镇化与生态环境耦合协调度、等级与类型

城市	2009 年			2013 年			2017 年		
	<i>D</i>	等级	类型	<i>D</i>	等级	类型	<i>D</i>	等级	类型
福州	0.7102	良好协调	生态滞后	0.7008	良好协调	生态滞后	0.7464	良好协调	基本同步
厦门	0.8746	优质协调	生态滞后	0.7889	良好协调	生态滞后	0.8989	优质协调	基本同步
泉州	0.7288	良好协调	城镇滞后	0.7538	良好协调	城镇滞后	0.7614	良好协调	基本同步
漳州	0.5708	初级协调	城镇滞后	0.5641	初级协调	城镇滞后	0.6157	中度协调	城镇滞后
莆田	0.5625	初级协调	城镇滞后	0.5949	初级协调	城镇滞后	0.6015	中度协调	城镇滞后
龙岩	0.4768	勉强协调	城镇滞后	0.5162	初级协调	城镇滞后	0.5679	初级协调	城镇滞后
三明	0.4510	勉强协调	城镇滞后	0.4665	勉强协调	城镇滞后	0.4921	勉强协调	城镇滞后
南平	0.3879	轻度失调	城镇滞后	0.4669	勉强协调	城镇滞后	0.4326	勉强协调	城镇滞后
宁德	0.4399	勉强协调	城镇滞后	0.4435	勉强协调	城镇滞后	0.4572	勉强协调	城镇滞后

3 福建省城镇化与生态环境耦合度的影响因素

3.1 影响因素指标选取

城镇化与生态环境的耦合协调受多方面因素综合影响,本文在已有研究文献的基础上结合福建省的实际情况和数据可获取性,选取城市人口密度、人均 GDP、二三产业占 GDP 比重、R&D 经费支出、人均财政预算内收入、人均实际利用外资共 6 项指标作为探测因子。首先在 ArcGIS 10.2 中对各项因子进行自然断裂点分级,接着采用地理探测器模型对福建省城镇化与生态环境耦合度的形成机理进行分析。

3.2 影响因素分析

地理探测器的分析结果(表 4)显示,在 2009、2013、2017 年这 3 年中,二三产业占 GDP 比重与 R&D 经费支出始终是影响城镇化与生态环境耦合度重要因素;除了城市人口密度和人均实际利用外资以外,其他各项影响因素都有了一定程度的提高,R&D 的影响程度提升最快,在 2017 年探测力值达到了 0.7887,与 2009 年相比上升了 43.8%。具体来看,2009 年主要受二三产业占 GDP 比重、R&D 经费支出因素影响;2013 年人均财政预算内收入发挥了重要的作用;2017 年除了

人均 GDP、人均实际利用外资以外,其余各项因素的探测力值都在 0.6 以上。各因素对城镇化与生态环境的协调发展的影响的机制可以概括为如下 5 个因素。

3.2.1 科技支撑力 科学技术是一个国家综合国力的重要体现,是城市可持续发展的重要基础之一。由表 4 可知,R&D 经费支出对城镇化与生态环境耦合协调度的影响逐年上升且速率很快,这充分说明了城市的发展与科技有着密不可分的关系,科技促进技术的进步和装备的升级,提高社会劳动生产率,同时促进产业转型升级,有效降低单位生产量能耗,提升资源循环利用率,并不断开拓新能源与材料,从而减轻城市发展过程中对生态环境造成的压力。

3.2.2 经济驱动与产业结构优化 福建省位于东部沿海,拥有良好的区位、国家政策和独特的侨乡优势等而获得较高的经济发展水平,为城镇化与生态环境的耦合协调发展提供了坚实的物质基础。从表 4 可以看出人均 GDP、二三产业占 GDP 的比重探测力值较高,特别是二三产业占 GDP 的比重,在 2009 年与 2013 年、2017 年分别排第 1、2 位,由此可见产业结构的优化升级是维持城市经济稳定、降低外部条件改变造成损失的重要途径。

3.2.3 政府作用力 由表 4 可以看出人均预算内

收入的探测力值在3个年份中较高,在2017年达到了0.6133,表明城镇化与生态环境的耦合协调受政策的影响较为显著。在市场经济下,市场在资源配置中起决定性作用可以给经济注入活力和动力,但是经济具有波动性,在市场失灵时还需要政府这只“无形的手”实施宏观的调控政策,使经济保持稳定增长的状态。同时,政府在保护环境,防止生态环境恶化中作用力巨大,比如划定经济活动禁区、实行严格监督机制、直接投资环境项目等。政府对促进城镇化和生态环境协调发展有着不可忽视的重要作用。

3.2.4 对外开放水平 相比其他因子,代表对外开放水平的人均实际利用外资的探测力值较小,且在2017年呈现下降的趋势。对外开放水平的提高,

可以吸引大量的资金、人才,促进技术、信息的交流,从而促进产业结构的优化升级,培育出一批新兴产业,一定程度上可以推进城镇化与生态环境的耦合协调发展。

3.2.5 人口因素 由表4可以看出,城市人口密度的探测力值与其他要素相比在3个年段中都是最少的。一方面,人口城镇化是衡量城镇化水平的重要指标,产生的聚集效应是促进国民经济发展和社会进步的重要动力。另一方面,城市人口过快集聚、增长也给生态环境带来了压力。近年来随着城乡一体化的发展,农村劳动力就地就业增多和人口受教育水平的提高使城镇化和生态环境相互作用的影响减小。

表4 福建省城镇化与生态环境耦合协调度影响要素影响力测度

年份	城市人口密度	人均GDP	二三产业占GDP比重	R&D经费支出	人均财政预算内收入	人均实际利用外资
2009	0.3811	0.4450	0.5383	0.5137	0.4605	0.4343
2013	0.4700	0.5663	0.5722	0.6322	0.5954	0.5601
2017	0.4575	0.6081	0.6403	0.7387	0.6133	0.5352

4 结论与建议

在总结城镇化与生态环境耦合关联的理论基础上,以福建省及各市为研究案例,首先建构了城镇化与生态环境综合发展水平指标体系,测算了2009-2017年福建省城镇化和生态环境综合发展水平,接着利用耦合协调度模型测算这2个系统之间的耦合度及耦合协调度分析其演化特征,最后利用地理探测器模型对二者协调发展的影响因素进行分析,得到以下结论。(1)从整体上看,2009-2017年福建省城镇化发展水平持续上升,生态环境发展水平波动上升;城镇化与生态环境的动态关系紧密,耦合度即将进入磨合阶段,耦合协调度呈现不断上升趋势,协调等级已发展成为中度协调;(2)福建省各市的城镇化与生态环境综合发展都在逐步提升,相对于城镇化发展水平,各市的生态环境发展水平差异较小,并呈现不断缩小的趋势;(3)个别城市的城镇化与生态环境耦合协调度在个别年份有所波动,但总体是上升的。耦合协调的等级基本都在勉强协调及以上,根据结果可分为三个层次:福州市、厦门市、泉州市为第一层级;漳

州市、莆田市、龙岩市为第二层级;三明市、南平市、宁德市为第三层级;从耦合协调度类型来看,生态环境滞后型、城镇化滞后型、基本同步型在3个时间段上的比例分别为14.8%、74%和11.2%,总体表现为城镇化发展滞后于生态环境的发展;(4)通过地理探测器分析发现,福建省耦合协调度空间分异的主要影响因素有R&D经费支出、二三产业增加值占GDP比重、人均GDP、人均财政预算内收入等。总之,福建省城镇化与生态环境的耦合协调发展是受科技支撑力、经济驱动与产业优化、政府作用力、对外开放水平和人口因素等相互作用的结果。

为推动城镇化与生态环境协调发展,基于以上分析并结合福建省的实际情况提出以下建议。(1)加强科研投入与科技创新。政府加大生态环境保护科研经费的投入,支持科研成果的宣传与鼓励优秀的专利投入生产。发挥“互联网+”在城镇建设中的连接作用,充分利用物联网、大数据等信息技术,促进跨部门、跨行业、跨地区的政务信息共享和业务协同,提高城市管理水平和效率,使人居环境更美好^[19];(2)加快产业结构的优化升级。对

于工业基础较好的地区,积极推进污染减排和资源能源利用效率提升,推动高新技术产业和现代服务业发展;相对工业基础较弱的地区,依托农产品深加工、文化、旅游等低碳生态产业带动经济的发展与居民收入增长;(3)规划先行,发挥政府的引导作用。各区域分层次构建科学的城镇规划体系,规划要把城镇设施、产业、资源及生态环境等要素如何做到协调一致发展做出严格的论证和细致周密的安排;政府发挥宏观调控智能,保证各项规划落实到实处,进行立法保障,实施生态补偿机制,同时宣扬生态知识,加强民众的环保意识;(4)加强合作,协同发展。加快实施核心城市带动战略,发挥各个地区的优势,通过区域联动互助发展,不断提升福建省城镇化与生态环境耦合协调度。

参考文献:

- [1] HAMMOMD, GEOFFREY. Time to Give due Weight to the “Carbon footprint” issue [J]. Nature, 2007, 445 (7125): 256 - 256.
- [2] 高中岗, 卢青华. 霍华德田园城市理论的思想价值及其现实启示——重读《明日的田园城市》有感 [J]. 规划师, 2013, 29 (11): 105 - 108.
- [3] 德内拉·梅多斯, 乔根·兰德斯, 丹尼斯·梅多斯. 增长的极限 [M]. 李涛, 王智勇, 译. 北京: 机械工业出版社, 2013.
- [4] 关丽洁, 纪玉山. 资源环境约束下的新型城市化内涵及推进对策 [J]. 社会科学辑刊, 2015 (1): 97 - 102.
- [5] 肖艳玲. 贵州城镇化与生态环境耦合发展模式研究 [D]. 贵阳: 贵州财经大学, 2013.
- [6] 孙黄平, 黄震方, 徐冬冬, 等. 泛长三角城市群城镇化与生态环境耦合的空间特征与驱动机制 [J]. 经济地理, 2017, 37 (2): 163 - 170, 186.
- [7] 张晓琴, 谢煜. 县域城镇化发展: 生态理念、耦合机理及其实现路径 [J]. 农林经济管理学报, 2016, 15 (6): 727 - 734.
- [8] 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.
- [9] 陈向阳. 环境库兹涅茨曲线的理论与实证研究 [J]. 中国经济问题, 2015 (3): 51 - 62.
- [10] KASMAN A, DUMAN Y S. CO₂ emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data analysis [J]. Economic Modelling, 2015, 44 (6): 97 - 103.
- [11] 汪中华, 梁爽. 中国城市化与生态环境交互耦合测度研究 [J]. 生态经济, 2016, 32 (2): 34 - 38.
- [12] 曹祺文, 鲍超, 顾朝林, 等. 基于水资源约束的中国城镇化 SD 模型与模拟 [J]. 地理研究, 2019, 38 (1): 167 - 180.
- [13] 马艳. 长江经济带城镇化与生态环境耦合协调效应测度与交互胁迫关系验证 [J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29 (2): 275 - 286.
- [14] 王长建, 张小雷, 杜宏茹, 等. 城市化与生态环境的动态计量分析——以新疆乌鲁木齐市为例 [J]. 干旱区地理, 2014, 37 (3): 609 - 619.
- [15] 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.
- [16] 崔木花. 中原城市群 9 市城镇化与生态环境耦合协调关系 [J]. 经济地理, 2015, 35 (7): 72 - 78.
- [17] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望 [J]. 地理学报, 2017, 72 (1): 116 - 134.
- [18] 丛小丽, 黄悦, 刘继生. 吉林省生态旅游与旅游环境耦合协调度的时空演化研究 [J]. 地理科学, 2019, 39 (3): 496 - 505.
- [19] 周宏春. 多措并举推进绿色城镇化 [N]. 经济日报, 2015 - 12 - 21 (14).