DOI:10.16339/j.cnki.hdxbskb.2025.06.009

海南自贸港产业升级的时空异质性及其驱动机理*

罗舟[1,2]

(1.海南大学 国际商学院,海南 海口 570228;2.琼台师范学院 管理学院,海南 海口 571127)

[摘　要]基于2012—2023年中国各省份及海南18市县的面板数据,借助SDID评价海南自贸港产业升级的阶段性成效,进一步运用Dagum基尼系数分解与Kernel密度估计方法刻画海南产业升级的时空异质性,并利用随机森林模型揭示其驱动机理。结果显示:自贸港建设对海南产业升级产生正向影响,且政策效应呈扩大趋势。海南产业升级在空间上呈现东高西低、沿海“高地”、中部“洼地”的分布特征,总体离散程度呈上升趋势。经济发展水平、基础设施建设与对外开放度为驱动海南产业升级分化的关键因素,时空异质性的主要来源为因素边际效应与海南各市县对要素的吸收与应用效率差异。基于此,要聚焦重点领域,推进制度集成创新;依托区位优势,形成差异化分工;完善联动机制,强化区间协同合作。

[关键词]海南自贸港;产业升级;时空异质性;驱动机理

[中图分类号]F269.24　　[文献标识码]A　　[文章编号]1008-1763(2025)06-0072-10

Spatiotemporal Heterogeneity and Its Driving Mechanisms of Industrial Upgrading in Hainan Free Trade Port

LUO Zhou

(1. International Business School, Hainan University, Haikou 570228, China;
2. School of Management, Qiongtai Normal University, Haikou 571127, China)

Abstract: Based on the panel data of all provinces in China and 18 cities/counties in Hainan from 2012 to 2023, we evaluate the phased achievements of industrial upgrading in Hainan Free Trade Port with the assistance of the SDID method. Furthermore, we characterize the spatio-temporal heterogeneity of Hainan's industrial upgrading by employing the Dagum Gini coefficient decomposition and kernel density estimation. Lastly, we uncover its driving mechanisms using the Random Forest model. The results show that: firstly, the construction of the Free Trade Port has had a positive impact on Hainan'ndustrial upgrading, with the policy effect exhibiting an expanding trend. Secondly, Hainan's industrial upgrading demonstrates a spatial distribution characterized by higher levels in the east and lower levels in the west, with "highlands" along the coast and "lowlands" in the central region, and the overall degree of dispersion is on an upward trend. Thirdly, economic development level, infrastructure, and the degree of openness are the key factors driving the differentiation of Hainan's industrial upgrading, and the main sources of spatio-temporal heterogeneity arise from the marginal effects of these factors and the differences in the absorption and application effi-

* [收稿日期]2025-07-12
[基金项目]海南省“南海新星”哲学社科人才平台项目:自贸港高水平开放助推现代产业体系建设的机制与路径研究(琼社科函〔2023〕22号);海南省自然科学基金项目:高水平开放下自贸港引领自贸试验区产业体系现代化的机制与路径研究(724MS050)
[作者简介]罗舟(1992—),男,湖南安化人,海南大学国际商学院博士后,琼台师范学院管理学院助理研究员,研究方向:技术创新与产业发展。

ciency of elements among various cities and counties in Hainan. Based on this,it is necessary to focus on key areas to promote integrated institutional innovation;leverage regional advantages to form differentiated division of labor,and improve the linkage mechanism and strengthen regional collaboration and cooperation.

Key words: Hainan Free Trade Port; industrial upgrading; spatiotemporal heterogeneity; driving mechanisms

一　引　言

在世界百年未有之大变局下,中国特色自由贸易港建设是彰显我国全面深化改革与扩大开放、推进经济全球化决心的重大战略决策。海南作为我国第一个被赋予探索中国特色自由贸易港使命的省份,不仅要对标世界最高水平开放形态,同时还肩负着为我国建设更高水平开放型经济新体制先行先试的重任[1]。当前,世界百年未有之大变局加速演进,嵌入全球经济体系的中国现行产业体系已显现出多方面的问题,亟待变革调整。海南自贸港地处经济“双循环”交汇点,是中国经济接轨世界的重要枢纽,其产业体系是全球产业链加速重构背景下帮助我国获取国际竞争优势的重要抓手。因此,海南自贸港如何通过优化资源配置促进产业升级,进而在全球产业分工体系的新一轮整合中占据更多主导权,是亟待研究的重要问题[2-3]。近年来,自贸港产业发展的相关问题获得学界越来越多的关注。海南自贸港作为全面深化改革与扩大开放的“新高地”,聚焦“一线放开、二线管住”,围绕“五自由便利、一安全有序流动”,通过“以改革促开放,以开放倒逼改革”,不断对接国际高标准经贸规则,促进营商环境法治化、便利化与国际化,进而吸引市场主体与全球资源要素加速聚集,为产业升级提供坚实基础[4-5],已逐步形成在组织、生产、流通等方面具有明显优势与特色的现代化产业体系。有学者从低空经济发展、全面深化改革等角度研究海南自贸港相关产业的发展问题,发现海南自贸港虽然有着得天独厚的区位、政策及资源禀赋优势,但仍面临创新能力偏低、监管机制不完善、资源配置效率不高等产业发展桎梏[6-7]。

综上所述,虽有学者从不同角度对自贸港产业发展进行研究,并取得一定成果,但鲜有文献对海南自贸港产业升级的时空异质性及其驱动机理进行深入探讨。为此,本文立足自贸港产业体系建设的重大战略需求,在评估其阶段性成效的基础上,深度刻画与分析海南产业升级的时空异质性,并利用随机森林模型揭示其驱动机理。从“全省一盘棋、全岛同城化”的角度,探讨限制海南产业升级的掣肘因素,进而为推动自贸港资源配置效率提升与产业体系高质量发展提供政策参考。

本文的主要贡献如下:第一,同时使用省级与市县级层面数据进行机理论证,两者相互印证、相互补充,分析结果更为稳健可靠。第二,使用机器学习、数据可视化等分析方法探讨海南产业升级的时空异质性及其驱动机理,为探索各市县差异化的提升路径提供依据。

二　机理、方法与数据

(一)作用机理

在全球价值链深度重构的背景下,自贸港作为新时代改革开放的试验田,正通过推动规则、规制、管理、标准等制度型开放重塑产业升级的底层逻辑。这种变革本质上是发展范式的转型——从依赖“后发优势”的追赶型增长路径,转向以“先发塑造”为特征的引领型发展范式;其不仅重构了区域经济版图,更在制度创新、开放层级、要素配置等方面形成可复制的中国方案。

一是自贸港特有的制度安排突破了传统发展模式的路径依赖。零关税、简税制等突破性制度安排创造了显著的制度势能差,这种由政策梯度效应形成的比较优势,不仅能重构生产要素的报酬分配结构,系统性降低制度性交易成本,还能有效引导资本、技术等高端要素向知识密集型产业领域集聚,进而驱动产业转型升级[8]。

二是贸易自由化便利化引发产业生态链式反应。“一线放开、二线管住”的监管模式有效打通国际国内两个市场,在进口竞争压力与企业学习效应的双重作用下,推动本土企业沿着“工艺升级—产品升级—功能升级—价值链升级”的清晰路径逐步演进。同时,服务贸易负面清单管理突破服务业开放瓶颈,叠加国际先进管理模式与技术的溢出效应,进一步推动生产性服务业与制造业形成“双螺旋”上升

结构。这种“开放倒逼”机制最终促使产业升级从被动适应转向主动创新,为动态比较优势的培育提供了优质土壤[9]。

三是要素流动自由化便利化重构产业创新模式。自贸港通过系统性破除资金、人才、数据等要素流动的行政壁垒,使技术创新从线性模式转向网络化协同,形成具有自贸港特征的创新生态,推动产业升级路径从依赖单一技术突破转变为全要素生产率提升的系统工程[10]。

四是制度创新外溢激发产业升级新动能。商事制度改革降低市场主体准入、准营、准出门槛,事中事后监管体系重塑市场运行规则,这些制度创新产生的正外部性,使企业将更多资源配置到创新活动而非制度博弈。当政策创新、技术创新与商业模式创新形成共振时,自贸港便从政策高地转化为创新策源地,最终实现产业体系从规模扩张向质量跃升的范式转换[8-9]。

(二)研究区域与方法

1.研究区域

2020 年 6 月 1 日,《海南自由贸易港建设总体方案》发布,标志着中国特色自由贸易港建设开始全面实施,实施范围为海南全岛。建设以旅游业、现代服务业、高新技术产业和热带特色高效农业为主导的“4+3+3”特色现代化产业体系是海南自贸港的重要发展目标,但这与当前海南产业基础薄弱、资源配置效率不高等现实状况还存在较大差距。考虑到三沙市在城市功能等方面的特殊性,本文将海南省除三沙市以外的其余 18 市县作为主要研究区域。

为了更好地探讨研究区域的时空特征,本文采用两种方式对其进行分组:按照地缘属性将研究区域分为沿海地区与非沿海地区两个子集[11],沿海地区包括海口、三亚、儋州、万宁、文昌、琼海、陵水、乐东、昌江、东方、澄迈和临高共 12 市县,而保亭、琼中、屯昌、定安、白沙、五指山 6 市县为非沿海地区;按照方位属性将研究区域分为东、中、西部地区三个子集[12],东部地区包括海口、三亚、琼海、文昌、万宁和陵水 6 市县,西部地区包括儋州、澄迈、临高、东方、乐东和昌江 6 市县,保亭、琼中、屯昌、定安、白沙、五指山 6 市县为中部地区。中部地区与非沿海地区所涵盖市县是一致的,因此在对两者进行合并表达时,本文采用“中部(非沿海)地区”或“非沿海(中部)地区”的表述。

2.研究方法

首先,利用 SDID(合成双重差分法)评估自贸港建设对产业升级的影响效应,并利用 DID(双重差分法)、SCM(合成控制法)检验估计结果的稳健性。其次,运用 Dagum 基尼系数分解方法分析沿海与非沿海地区之间,以及东部与中西部地区之间的产业升级差异及其来源。然后,使用 MATLAB 软件,基于 Kernel 密度估计结果,刻画海南自贸港产业升级的三维核密度分布图,以更加清晰地呈现核密度曲线的形态、位置、延展性等随时间变化的情况。最后,采用随机森林模型分析海南产业升级影响因素的重要程度及边际效应,为揭示海南产业升级时空异质性的驱动机理提供依据。

(三)指标及数据来源

1.被解释变量

产业升级即产业结构由低阶形态向高阶形态演进的动态过程,通常伴随着三个方面的变化:一是主导产业逐步向高级化、现代化转变;二是产业附加值不断提升;三是产业类型由劳动密集型向资本、技术、知识密集型依次转变。可见,产业升级不只是结构上的调整,还包括社会资源配置效率与生产率的提升。鉴于此,本文采用产业结构升级指数来衡量产业高级化程度[13]:

$$SH = \sum_{n=1}^{3} \frac{E_{nt}}{E_t} LP_{nt} \tag{1}$$

其中,E_{nt} 为样本个体第 n 产业在第 t 期的产值,LP_{nt} 为样本个体第 n 产业在第 t 期的劳动生产率,E_t 为样本个体第 t 期的生产总值。本文采用产业结构标准化阶段模型对 LP_{nt} 进行去量纲处理[14],其中 LP_{ns} 与 LP_{nf} 分别为第 n 产业在工业化起点与终点的劳动生产率:

$$LP_{nt}^{std} = \frac{LP_{nt} - LP_{ns}}{LP_{nf} - LP_{ns}} \tag{2}$$

2.影响因素

本文选取的影响因素如表 1 所示,选取依据如下:经济发达的地区在技术水平、信息化程度、专业化服务等方面有着明显优势,更容易吸引高端产业集聚,因此采用人均地区生产总值的对数衡量地区经济发展水平[15];政府干预过多可能导致要素配置效率下降,不利于产业升级,因此采用地方财政支出占地区生产总值比重衡量政府干预[16];贸易开放有利于地区比较优势发挥,提升技术进步率,进而通过鲍莫尔效应带动产业升级,因此采用进出口总额占地区生产总值比重衡量对外开放度[17];地区消费水平可以通过收入弹性、要素配置及技术创新等机制促进产业升级,因此采用社会消费品零售总额占地区生产总值比重衡量消费水平[18];金融信贷能为产业发展与升级提供必要资金支持,因此采用金融机构贷款余额占地区生产总值比重衡量信贷规模[19];教育水平提升不仅有利于培养本土高素质人才,还

能带动子女入学等配套服务的提升，进而更好地吸引国内外人才，为技术创新与产业升级提供人才保障，因此采用普通高中专任教师数占地区总人口数比重的对数与普通高中在校学生人数占地区总人口数比重的对数衡量教育水平与人力资本[8]；市场化改革是打造优质营商环境、吸引市场主体的重要着力点，因此采用国家预算内资金占固定资产投资实际到位资金比重衡量市场化水平[20]；国有化率过高可能导致市场配置效率行政化，进而阻碍产业升级，因此采用规模以上工业企业实收资本中的国家资本占比衡量国有化率[21]；完善的基础设施建设能够提升要素流动效率、降低运输成本，进而形成规模经济促进产业发展，因此采用地区人均道路长度的对数衡量基础设施建设水平[22]；城镇化有利于地区消费规模扩大与消费结构优化，为产业升级注入动力，因此采用城镇人口数占地区总人口数比重衡量城镇化水平[23]；固定资产投资率过高将不利于产业结构转型升级和劳动生产率提升，因此采用固定资产投资实际到位资金占地区生产总值比重衡量固定资产投资率[24]。

表 1　自贸港产业升级的影响因素指标体系

变量名	变量符号	计算方法
经济发展水平	*Dev*	人均地区生产总值的对数
政府干预	*Gov*	地方财政支出/地区生产总值
对外开放度	*Open*	进出口总额/地区生产总值
消费水平	*Com*	社会消费品零售总额/地区生产总值
信贷规模	*Fin*	金融机构贷款余额/地区生产总值
教育水平	*Edu*	普通高中专任教师数占地区总人口数比重的对数
人力资本	*Hum*	普通高中在校学生人数占地区总人口数比重的对数
市场化水平	*Mar*	国家预算内资金/固定资产投资实际到位资金
国有化率	*Nat*	规模以上工业企业实收资本中的国家资本占比
基础设施建设水平	*Ifr*	地区人均道路长度的对数
城镇化水平	*Urb*	城镇人口数/地区总人口数
固定资产投资率	*Inv*	固定资产投资实际到位资金/地区生产总值

3. 数据来源

本文样本数据主要分为两个部分，一是中国各省份面板数据，二是海南 18 市县面板数据。考虑到数据的完整性与可获得性，本文将样本数据的时间跨度确定为 2012—2023 年。样本数据来源于中国各省份历年统计年鉴、海南各市县历年统计年鉴、各级政府官网以及 Wind 数据库，其中缺失数据采用随机森林插补法进行补全。

三　研究结果分析

(一)海南自贸港产业升级的阶段性成效评价

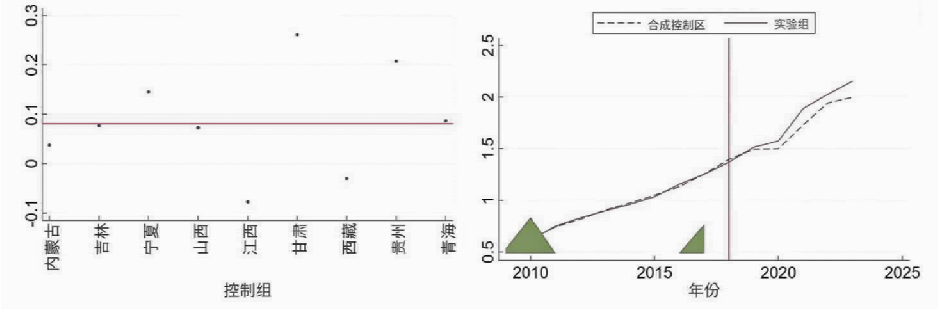
准确评估 2018 年中国(海南)自由贸易试验区成立以来的政策实施效果，是指导自贸港后续改革工作的重要依据。目前，学界使用较多的政策效果估计方法主要有 DID 与 SCM 两种方法，其中 DID 要求实验组与控制组满足平行趋势假设，SCM 方法只能适用于实验组含有少量个体的情形。在以上两种方法的基础上，Arkhangelsky 等提出了 SDID，不仅克服了 DID 与 SCM 的适用性限制，其估计结果还被证实具有双重稳健性[25]。据此，本文基于准自然实验的思想，以海南省作为实验组，以未设立自贸试验区的省份作为控制组，利用 SDID 评估自贸港建设对产业升级的影响效应，并利用 DID、SCM 方法检验估计结果的稳健性(见表 2)。由表 2 可知，3 个估计结果均为正，说明自贸港建设对产业升级产生正向影响，且估计结果具有较强稳健性。然而，仅估计结果(2)在 20%水平上显著，说明政策效应的释放还不够充分。

图 1 为采用 SDID 估计的权重与趋势图，不仅呈现了合成控制区的个体权重(权重图)与时间权重(趋势图中的阴影部分)，还展示了合成控制区与实验组产业结构升级指数变化的动态过程。根据趋势图可知，在 2018 年之前，实验组曲线与合成控制曲线呈现高度吻合的变化态势，说明合成控制区在政策实施前对海南产业结构升级指数的模拟效果良好。值得注意的是，政策实施后的动态变化呈现明显的阶段性特征：在政策落地初期(2018—2019 年)，两条曲线仍保持相对同步；然而自 2019 年起，即政策实施满一年后，实验组曲线开始逐渐偏离合成控制曲线，且偏离程度呈现持续扩大态势。这不仅验证了政策干预的有效性，更揭示了政策效应传导的典型特征——政策影响存在约一年的时滞期，之后才开始显现并不断增强。

表 2　海南自贸港产业升级阶段性成效估计

	(1) SDID	(2) DID	(3) SCM
处理效应	0.0807	0.0811*	0.0806
	[0.1080]	[0.0601]	/
时间固定效应	Yes	Yes	Yes
个体固定效应	Yes	Yes	No
时间权重	Yes	No	No
个体权重	Yes	No	Yes

注：***、**、*分别代表显著性水平 5%、10%、20%；方括号内为稳健性标准误。



(a) 权重图 (b) 趋势图

图1 采用SDID估计的权重与趋势

(二)海南自贸港产业升级的时空特征分析

由上述分析可知,在自贸港建设的助推下,海南产业升级已取得一定阶段性成效,下文将进一步对海南产业升级的时空特征进行深入分析。图2展示了2012—2023年间,总体、东部、中部(非沿海)、西部、沿海地区的产业结构升级指数时序演化过程。可以看出,海南自贸港的产业升级过程呈现较强的时空异质性,沿海与中部(非沿海)地区产业结构升级指数差距呈持续扩大趋势。在空间格局上,海南自贸港产业结构升级指数呈东高西低、沿海"高地"、中部"洼地"的分布特征。

1. 时序演化特征

总体来看,海南产业结构升级指数在2012—2023年间呈现上升趋势。从平均增速来看,东部地区最高,随后依次为沿海地区、西部地区与中部(非沿海)地区。其中,东部、沿海、西部地区曲线的变化特征与总体曲线基本一致,而中部(非沿海)地区曲线则是缓慢上升而后反复波动;高值逐步向东部沿海地区集聚,而低值则逐步向中部(非沿海)地区集聚。从各市县的具体情况来看,三亚、儋州等沿海市县长期位居前列;在研究期内排名提升最大的为澄迈;海口从前期的中上游水平逐步向上攀升至第3位;东方在2014年之前稳居前5位,随后逐步下降至第7位。

2. 空间格局特征

从空间格局上来看,海南产业结构升级指数呈现东高西低、沿海"高地"、中部"洼地"的特征。东部沿海地区高值集聚特征与中部(非沿海)地区低值集聚特征逐步强化。2012年,产业结构升级指数最高的4个市县中,属于东部地区的仅有1个——三亚;而至2023年,逐步增加至3个,即三亚、海口、琼海。西部地区除儋州一直稳居前三,其余市县多在中上游水平波动,而五指山等中部(非沿海)地区则长期位居下游。在研究期内,高值在东部沿海地区半环状分布逐步显现,而低值在中部地区以屯昌和琼中为核心扩散。

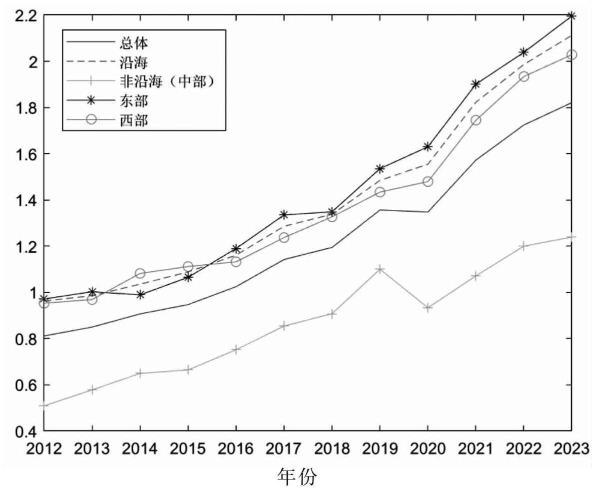


图2 海南自贸港产业升级的时序演化过程

空间格局分布特征的形成与政策制度、区位条件、经济基础等因素有着密不可分的联系。一是重点产业园区多聚集在海口、三亚等东部沿海地区。如海口江东新区、海口国家高新技术产业开发区、海口综合保税区、三亚崖州湾科技城和博鳌乐城国际医疗旅游先行区等,均为围绕高新技术产业、现代服务业以及热带特色高效农业等高端产业打造的特色产业园区。二是政策制度创新。在打造特色产业园区的基础上,通过出台配套产业政策与推进制度集成创新,提升营商环境质量,进而促进市场主体投资活力与创新能力提升[26]。如三亚崖州湾科技城在知识产权保护、跨区域协同治理等方面做出多项领先全国的重要制度集成创新。三是区位条件。沿海地区良港更多、海洋资源更丰富,贸易往来更为便利,为相关产业的发展与升级提供了区位优势。如依托儋州洋浦港建设,实施"船籍港"制度集成创新,建立了更加高效、便捷的服务体系,进一步促进了洋浦港在港航物流、商贸服务等特色产业上的优势发挥。

(三)海南自贸港产业升级的时空异质性来源分析

根据上述分析可知,海南自贸港的产业升级过

程呈现出明显的时空异质性,本部分将在此基础上进一步探究其内部差异及来源。为了全方位呈现海南自贸港产业升级的内部差异特征,本文采用Dagum基尼系数分解方法,从地缘属性与方位属性两个层面进行分析,表 3 和表 4 为相应的分析结果。

表 3　Dagum 基尼系数:沿海—非沿海

年份	总体	组内差异		组间差异	贡献率		
		沿海	非沿海	沿海—非沿海	组内差异	组间差异	超变密度
2012	0.263	0.233	0.066	0.336	48.467	47.261	4.271
2013	0.223	0.193	0.064	0.291	46.689	47.719	5.592
2014	0.207	0.179	0.089	0.265	47.187	45.624	7.189
2015	0.206	0.169	0.101	0.272	45.684	48.263	6.053
2016	0.189	0.155	0.111	0.245	46.141	46.876	6.982
2017	0.184	0.160	0.067	0.236	46.570	45.732	7.698
2018	0.178	0.156	0.082	0.225	47.327	44.847	7.827
2019	0.162	0.153	0.077	0.190	50.286	38.840	10.874
2020	0.210	0.185	0.080	0.265	48.267	48.697	3.037
2021	0.215	0.188	0.081	0.273	47.984	49.283	2.732
2022	0.206	0.180	0.087	0.260	48.007	49.278	2.715
2023	0.208	0.177	0.082	0.269	47.001	51.328	1.670

表 4　Dagum 基尼系数:东部—中西部

年份	总体	组内差异		组间差异	贡献率		
		东部	中西部	东部—中西部	组内差异	组间差异	超变密度
2012	0.263	0.174	0.278	0.275	51.216	25.054	23.730
2013	0.223	0.154	0.233	0.234	51.270	26.815	21.915
2014	0.207	0.120	0.233	0.207	54.651	14.582	30.767
2015	0.206	0.123	0.231	0.206	54.101	20.158	25.741
2016	0.189	0.124	0.202	0.196	52.075	28.381	19.544
2017	0.184	0.130	0.191	0.192	51.427	30.658	17.916
2018	0.178	0.114	0.195	0.180	53.482	24.121	22.397
2019	0.162	0.132	0.165	0.168	52.397	27.115	20.487
2020	0.210	0.178	0.197	0.231	48.636	33.195	18.170
2021	0.215	0.185	0.203	0.234	49.097	32.316	18.587
2022	0.206	0.173	0.199	0.221	50.091	29.560	20.349
2023	0.208	0.172	0.198	0.226	49.191	33.037	17.772

从总体来看,2012—2023 年间,海南产业结构升级指数的总体基尼系数呈现先下降后上升的特征,从 0.263 逐步下降至 0.162,而后波动上升至 0.208,拐点出现在 2019 年。结合图 1 可知,该年也是自贸港建设对产业结构升级促进作用开始逐步显现的年份,说明自贸港建设产生的政策效应存在明显的区域差异性,进而逆转了总体基尼系数逐步下降的趋势。产生这一结果的主要原因有两个:一是在海南自贸港打造的重点产业园区多坐落于东部与沿海市县,因此这些区域的政策效应更加明显;二是加强生态环境保护是自贸港建设的重要目标,而中部市县本身产业基础就较为薄弱,同时还是实施“三线一单”管控等环保措施的重点区域,导致了其产业发展桎梏的形成。

从组内差异值来看,内部差异由高到低排列分别为中西部、沿海、东部、中部(非沿海)地区,并且除中部(非沿海)地区长期小幅度水平波动外,其余 3 组变化趋势均为先下降后上升,并趋于收敛。从组间差异值来看,沿海与非沿海地区间的差异要高于东部与中西部地区间的差异,且两组差异值均呈先下降后上升的趋势。从差异贡献率来看,无论是在地缘属性还是方位属性层面,组内差异贡献率都基本趋于稳定,平均值分别为 47.468 与 51.470;而组间差异贡献率的变动幅度则明显更大,平均值分别为 46.979 与 27.083,说明地缘属性对总体差异来源的解释力更强。

(四)海南自贸港产业升级的动态演进分析

在上述分析基础上,本文采用 Kernel 密度估计方法分析海南自贸港产业升级的动态演进机理,并对其时空异质性的形成过程进行刻画。本文基于高斯核密度函数绘制海南总体以及各子集产业结构升级指数的三维核密度估计图(见图 3、图 4)。

根据图 3,在研究期内,海南自贸港产业结构升级指数总体分布曲线的变化区间及中心随时间逐步向右移,表明海南各市县产业结构升级指数总体呈上升趋势。主峰波动下降,且宽度出现明显增大,说明总体离散程度呈上升趋势。分布曲线出现明显右拖尾,且拖尾有所拉长,说明东部沿海等高值聚集区与其他地区的差距仍有继续扩大的趋势。不同区域在资源禀赋、经济基础等方面存在差异,因此其产业升级的实现路径以及相关政策的实施效果也各不一样,进而形成总体上升、差距拉大的特征。

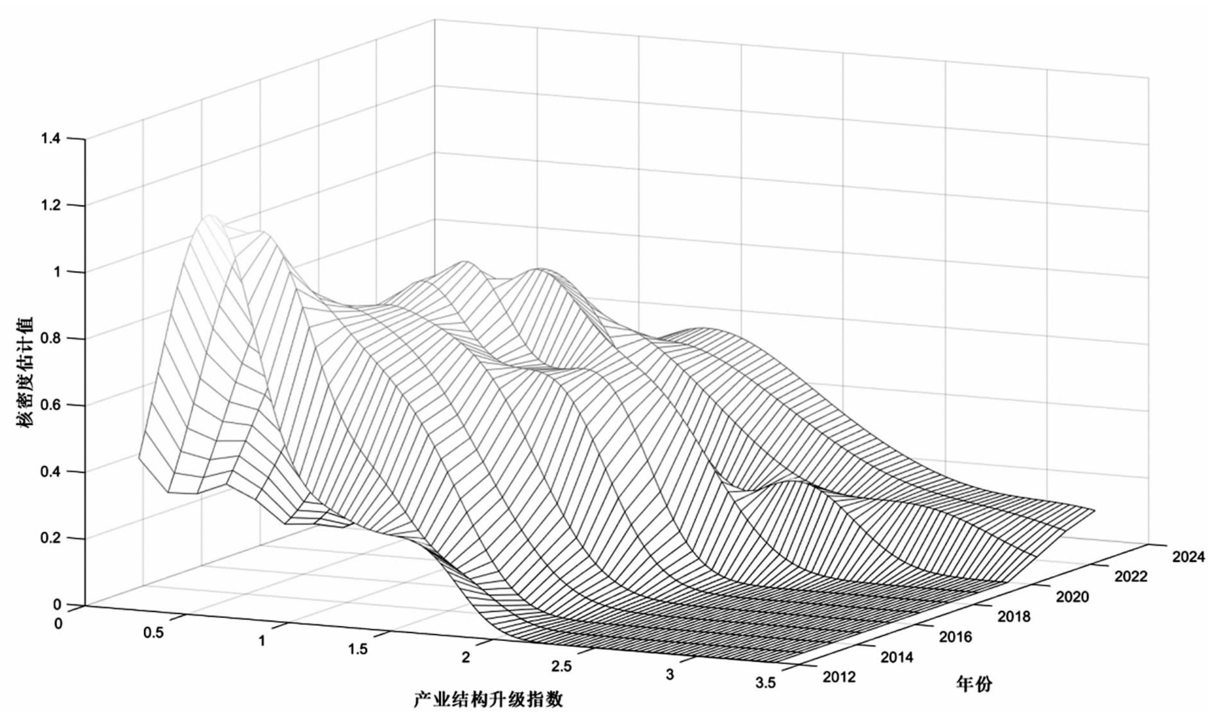


图 3 海南总体产业结构升级指数动态演进过程

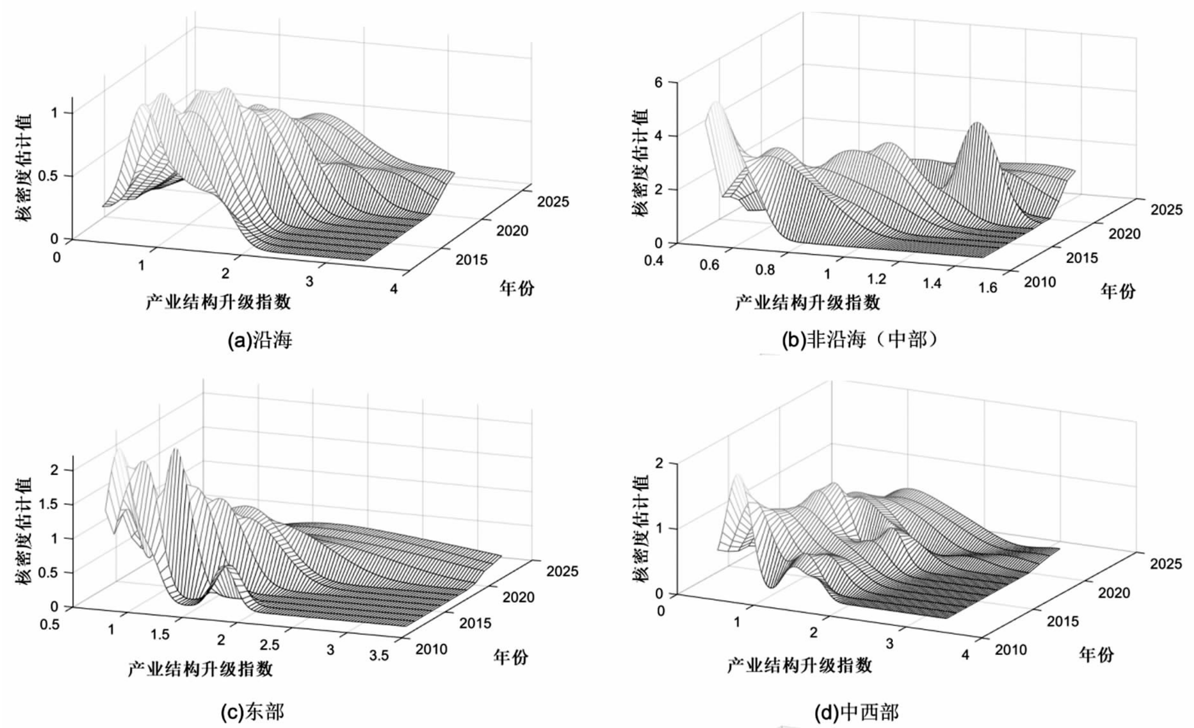


图 4 海南各区域产业结构升级指数动态演进过程

根据图 4,沿海地区与总体的曲线分布图形状较为相似,相关特征也基本一致,说明在海南自贸港产业升级的动态演进过程中,沿海地区占据主导地位。非沿海(中部)地区分布曲线在初期呈现单峰低值特征,此时该地区整体产业结构升级指数较低且内部差异较小;随后,分布曲线逐步右移且主峰下降,说明整体水平在不断上升,且内部差异逐渐增加;后期分布曲线右移速度趋缓,说明其产业升级遭遇瓶颈,且没有突破迹象。东部地区分布曲线在向右移的过程中,由原本的“高窄多峰”逐步向“低宽单峰”演变,说明前期东部地区的内部分化特征明显,随着时间推移,部分低值地区出现明显的高速增长,因此产生“多峰融合”趋势。中西部地区分布曲线表现为主峰逐步下沉变宽,且右拖尾持续延伸,说明其时空异质性并未收敛。

(五)海南自贸港产业升级时空异质性的驱动机理分析

1.影响因素的重要性分析

本文利用随机森林模型,基于 2012—2023 年海南 18 市县的面板数据,以产业结构升级指数为被解释变量,分析表 1 所列影响因素对其的作用机理。对于决策树数量与特征数量的选取分别依据袋外误差较小与平均误差最小原则,模型总体拟合效果良好,拟合优度为 82.57%。各影响因素的重要性排序分析结果如图 5 所示。

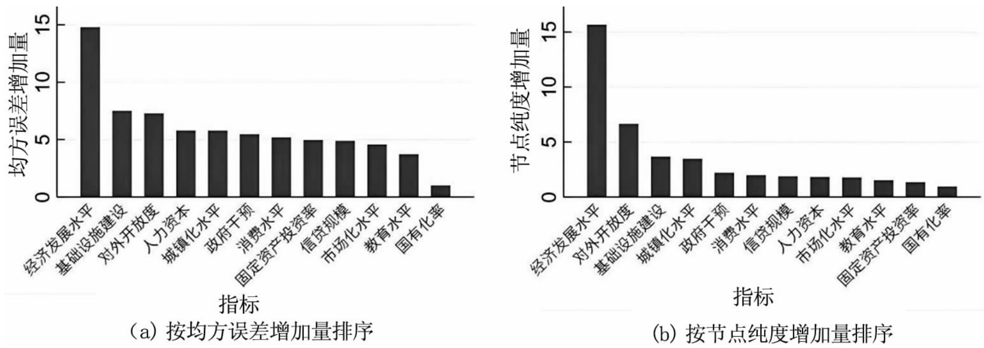


图 5　影响因素重要性排序

图 5(a)与(b)分别是依据均方误差增加量(%IncMSE)与节点纯度增加量(IncNodePurity)的重要性排序结果,取值越大代表影响因素的重要性越强。可以看出,两种排序方式的前 3 位是一致的,分别为经济发展水平、基础设施建设与对外开放度,说明当这些方面的要素缺乏时,将对海南产业升级产生抑制作用。从第 4 位之后,两种排序呈现明显的差异性,以按均方误差增加量排序方式为例,其他因素重要性由强到弱依次为:人力资本、城镇化水平、政府干预、消费水平、固定资产投资率、信贷规模、市场化水平、教育水平、国有化率。

2.影响因素的作用机理分析

将重要性排在前 3 位的经济发展水平、基础设施建设与对外开放度定义为关键因素,那么人力资本、城镇化水平、政府干预等可视为重要性仅次于关键因素的重要因素。图 6 展示了重要性排在前列的 9 个影响因素与产业升级之间的偏依赖关系。

从关键因素来看,三者均对产业结构升级指数产生正向影响。经济发展水平较高的地区通常具备更好的技术水平、信息化程度、专业化服务等,能为产业升级提供必要的资金和技术支持。在低值区域,随着经济发展水平的提升,响应值保持稳定增长;当经济发展水平达到 11.0,响应值增速先经历一波提升后逐步放缓。基础设施建设是投入端关键影响因素,能够有效提升资源要素流通效率,降低市场主体运输成本,为地区产业发展提供重要保障;随着基础设施建设的不断完善,其边际效应变化呈现三阶段特征:初期快速提升、中期增速趋缓、后期稳定收敛。扩大开放能够带来更多国际市场、资源的支持,进而通过促进资本积累、技术创新与技术扩散发挥累积循环机制的作用,由此带动产业升级;随着对外开放度的提升,其响应值在低值区域保持快速增长,当对外开放度达到 0.4 后进入平台期。

从重要因素来看,人力资本对产业升级的影响效应呈现倒“U”型特征,即先上升后下降,说明在分配人才培养资源时要充分考虑各市县对人力资本的吸收与应用能力,只有保持在适度水平才能发挥最大效能。城镇化水平在超过 0.4 后,对产业升级的促进作用迅速提升;当达到 0.65 后,其作用逐步趋于平稳,说明当城镇化水平突破一定门槛后,不仅能

够带来更多劳动力,也会产生更多市场需求,为产业升级提供新的驱动力。随着政府干预的增加,其边际效应呈现阶段性递减的规律,说明过多的政府干预会降低市场自身的调节作用,不利于激发市场活力。

以上分析为解释海南产业升级时空异质性的驱动机理提供了理论与经验证据。总而言之,各影响因素与海南产业升级的时空异质性有着密不可分的联系,从要素规模与作用特征来看,沿海地区优于非沿海(中部)地区,东部地区优于中西部地区。

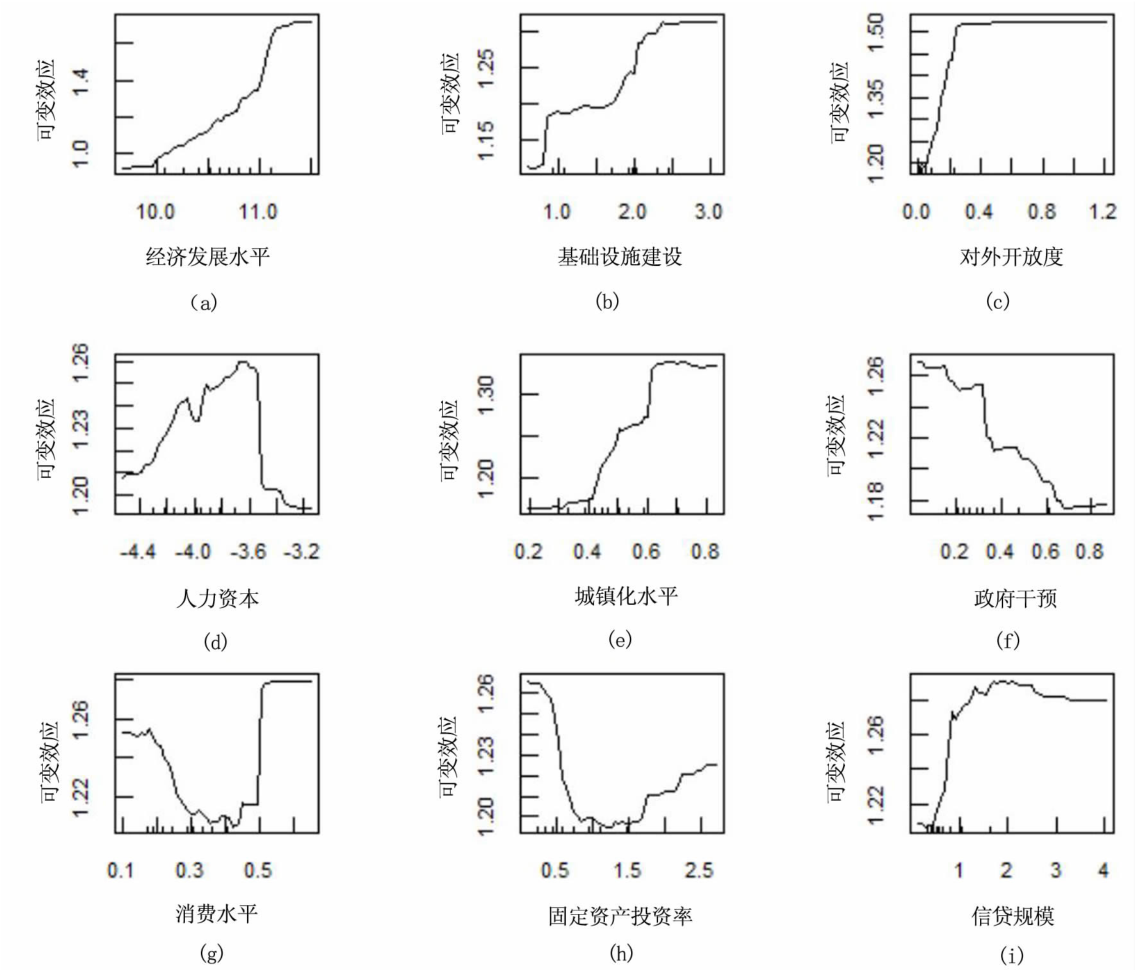


图6　产业升级影响因素的偏依赖关系图

四　结论与建议

(一)研究结论

本文在借助SDID评价海南自贸港产业升级阶段性成效的基础上,利用Dagum基尼系数分解与Kernel密度估计方法深入刻画海南自贸港产业升级的时空异质性与动态演进过程,并基于机器学习的思想构建随机森林模型揭示时空异质性的驱动机理。主要研究发现如下:

第一,自贸港建设对海南产业升级产生正向影响,且估计结果具有较强稳健性,但显著性水平较低,说明政策效应的释放并不充分。政策效应存在约一年的时滞期,到2019年之后才逐步显现,并且有持续扩大的趋势,未来还有较大提升空间。

第二,海南自贸港产业升级的时空分异特征明显。从平均增速来看,东部地区最高,随后依次为沿海地区、西部地区与中部(非沿海)地区。从空间格局来看,其呈现东高西低、沿海"高地"、中部"洼地"的分布特征;其中,高值逐步向东部沿海地区集聚,低值则逐步向中部(非沿海)地区集聚。

第三,海南自贸港产业升级的分化特征逐步显现,总体离散程度呈上升趋势。与方位属性相比,地缘属性对总体差异来源的解释力更强,东部沿海等高值聚集区与其他地区的差距仍有继续扩大的趋势;非沿海(中部)地区在研究后期遭遇发展瓶颈,产业升级增速明显趋缓,并且没有突破迹象。

第四,经济发展水平、基础设施建设与对外开放

度为影响产业升级的关键因素，人力资本、城镇化水平、政府干预为重要性仅次于关键因素的重要因素。各因素的边际效应以及海南各市县对相关要素的吸收与应用效率差异是时空异质性的主要来源。

(二)政策建议

产业升级的本质是通过生产要素的优化重组实现资源利用效率的跃升，其核心价值在于以更集约的资源配置方式突破规模与质量的双重瓶颈，最终构建起支撑经济高质量发展的新型动力系统。针对海南自贸港这一特殊经济功能区，推进产业升级必须立足其独特的时空分异特征，系统解析内外部驱动因素及作用机理，方能探索出既彰显区域特色又实现整体效益最大化的升级路径。基于此，本文提出以下政策建议：

第一，聚焦重点领域，推进制度集成创新。重点关注与海南产业升级关联较大的关键因素与重要因素，依据其偏依赖性、阈值及规模特征，以自贸港制度集成创新为抓手，对重点领域进行提升与优化，进而推动产业发展提质增速。

第二，依托区位优势，形成差异化分工。区位条件是塑造区域产业特色的基础性要素，各市县应立足自身资源禀赋与区位特点，紧密围绕自贸港“4＋3＋3”特色现代化产业体系框架，因地制宜培育具有比较优势的特色产业集群，形成错位发展、优势互补的空间布局，推动全岛产业结构从低水平同质化竞争向高质量协同发展的战略转型。

第三，完善联动机制，强化区间协同合作。当前海南产业升级呈现明显的空间分异特征，发展势能向东部沿海地区集聚但辐射效应不足，反映出区域间尚未形成有效的协同发展机制。因此，亟须建立健全跨区域协调联动体系，通过制度化的合作平台与利益共享机制，构建全域一体、协同共进的产业发展新格局。

[参　考　文　献]

[1] 靳光涛，黄抒田，唐荣．国际先进经验视角下海南自贸港创新发展路径[J]．国际贸易，2021(2)：30－37．

[2] 罗舟．自贸试验区对产业结构升级的影响：基于 SDID 的验证[J]．湖南大学学报(社会科学版)，2024(4)：75－82．

[3] 裴长洪．我国设立自由贸易试验区十周年：基本经验和提升战略[J]．财贸经济，2023(7)：5－21．

[4] 倪红福，王晓星．中国高技术产业全球价值链位置与竞争力分析[J]．湖南大学学报(社会科学版)，2024(6)：26－40．

[5] 洪银兴，王坤沂．新质生产力视角下产业链供应链韧性和安全性研究[J]．经济研究，2024(6)：4－14．

[6] 李世杰．新质生产力赋能海南自由贸易港低空经济发展的实践路径[J]．学术前沿，2024(15)：76－83．

[7] 周密，王雷．海南全面深化改革开放的进展、成效与战略取向[J]．改革，2023(3)：32－45．

[8] 成程，王一出，田轩，等．对外开放制度创新、全球创新网络嵌入与中国科技国际影响力[J]．管理世界，2024(10)：16－43．

[9] 迟福林．打造我国新时代的重要开放门户：建设海南自由贸易港的国家战略[J]．今日海南，2024(1)：6－9．

[10] 王胜．汇聚要素优势 铸就新质生产力发展高地[J]．今日海南，2024(12)：36－38．

[11] 郭庆宾，黄林峰．海南自贸港金融服务实体经济效率的时空异质性及其驱动机理[J]．地球科学进展，2023(1)：53－65．

[12] 罗舟，胡尊国．中国自贸试验区政策试点对地区外商直接投资的影响：基于双重差分法的验证[J]．财经理论与实践，2021(2)：67－72．

[13] 于斌斌．金融集聚促进了产业结构升级吗：空间溢出的视角——基于中国城市动态空间面板模型的分析[J]．国际金融研究，2017(2)：12－23．

[14] 刘伟，张辉，黄泽华．中国产业结构高度与工业化进程和地区差异的考察[J]．经济学动态，2008(11)：4－8．

[15] 刘友金，周健，曾小明．中国与“一带一路”沿线国家产业转移的互惠共生效应研究[J]．中国工业经济，2023(2)：55－73．

[16] 郭艺，曾刚，魏文栋，等．区域一体化对资源型城市产业结构升级的影响[J]．经济地理，2023(3)：131－139．

[17] 郭凯明，杭静，颜色．中国改革开放以来产业结构转型的影响因素[J]．经济研究，2017(3)：32－46．

[18] 龙少波，丁点尔．消费升级对产业升级的影响研究：理论机制及实证检验[J]．现代经济探讨，2022(10)：25－38．

[19] 赵亮．自贸试验区驱动区域产业结构升级的机理探讨[J]．经济体制改革，2021(3)：122－127．

[20] 边云涛，赵康杰，景普秋．资源依赖、产业生态与区域产业演进：基于全国省域层面的实证检验[J]．经济问题，2021(1)：66－74．

[21] 褚敏，靳涛．为什么中国产业结构升级步履迟缓：基于地方政府行为与国有企业垄断双重影响的探究[J]．财贸经济，2013(3)：112－122．

[22] 陈晓佳，徐玮．数据要素、交通基础设施与产业结构升级：基于量化空间一般均衡模型分析[J]．管理世界，2024(4)：78－98．

[23] 张宗益，伍焜熙．新型城镇化对产业结构升级的影响效应分析[J]．工业技术经济，2015(5)：101－109．

[24] 邹晓梅，宋金辉．投资率及投资结构变动的国际比较研究[J]．宏观经济研究，2024(1)：48－60．

[25] Arkhangelsky D, Athey S, Hirshberg D A, et al. Synthetic difference-in-differences[J]. American Economic Review, 2021(12): 4088－4118.

[26] 罗舟．创新支持政策下自贸试验区企业多阶段研发投资动态决策分析[J]．财经理论与实践，2023(6)：94－99．