

# 东北地区城市可持续发展的时空格局演变分析

李恒吉<sup>1,2</sup>, 逯承鹏<sup>3</sup>, 鹿晨昱<sup>4</sup>, 韩金雨<sup>1</sup>, 徐 丽<sup>1</sup>

(1.中国科学院 西北生态环境资源研究院文献情报中心, 兰州 730000; 2.兰州大学 资源环境学院, 兰州 730000;  
3.兰州大学 县域经济发展研究院 & 乡村振兴战略研究院, 兰州 730000; 4.西北师范大学 地理与环境科学学院, 兰州 730070)

**摘 要:**为综合测度东北地区城市可持续发展能力服务东北振兴战略,采用变异系数 TOPSIS 法、耦合协调度模型及 ArcGIS 技术等分析方法,通过构建城市可持续发展能力评价模型,从城市经济、社会、生态环境及综合维度对东北地区 34 个地级市城市可持续发展能力和耦合协调度时空演化过程和空间分析格局进行了研究。结果表明:(1) 研究期间,总体上东北三省城市综合可持续发展能力整体较低,城市经济、社会和生态环境子系统可持续发展能力在不同时期呈现出不同的时空演化特征;(2) 从空间分异视角来看,辽宁省内沈阳和大连的“双核”特征较为显著,吉林和黑龙江两省整体上“中心—外围”特征较为突出,总体上表现为沈阳、大连、长春和哈尔滨 4 大城市引领格局,空间分异特征较为显著;(3) 34 个地级市经济、社会和生态环境子系统整体耦合度较高,各城市子系统之间相互依赖性较高,但城市耦合协调度水平较低,较多城市面临衰退失调的困境。因此,提升城市可持续发展能力整体水平和城市间以及各城市子系统内部的协调发展是新时代东北全面振兴过程中城市发展的关键问题。

**关键词:**城市可持续发展; TOPSIS; 耦合协调度模型; 时空演化格局; 东北地区

**中图分类号:**K902

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2021)06-0407-05

## Spatiotemporal Pattern Evolution of Urban Sustainable Development Capacity in Northeast China

LI Hengji<sup>1,2</sup>, LU Chengpeng<sup>3</sup>, LU Chenyu<sup>4</sup>, HAN Jinyu<sup>1</sup>, XU Li<sup>1</sup>

(1.Information Center of Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2.College of Earth and Environmental Science, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 3.Institute of County Economic Developments & Rural Revitalization Strategy, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 4.College of Geography and Environment Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** To comprehensively measure the urban sustainable development capacity in northeast China, serve the Northeast Revitalization Strategy, the coefficient of variation TOPSIS method, coupling coordination degree model and ArcGIS technology and other analytical methods were used to construct the urban sustainable development ability evaluation model to study the spatial-temporal evolution of sustainable development capacity and coupling-coordination process and spatial analysis pattern of 34 prefecture-level cities in northeast China from the urban economic, social, ecological environment and comprehensive dimensions. The results showed that: (1) during the study period, the overall urban sustainable development capacity in the three northeastern provinces was generally low, and the sustainable development capability of urban economic, social and ecological subsystems showed different spatiotemporal evolution characteristics in different periods; (2) from the perspective of spatial differentiation, the ‘dual-core’ characteristics of Shenyang and Dalian in Liaoning Province were relatively significant; the ‘central-peripheral’ characteristics of Jilin Province and Heilongjiang Province were relatively prominent; in general, they were represented by the leading pattern of Shenyang, Dalian, Changchun and Harbin, with significant spatial differentiation characteristics; (3) the economic, social and ecological environment subsystems of 34 prefecture-level cities had a high degree of overall coupling, and the interdependence of subsystems in each city was relatively high, but the level of urban coupling-coordination was

收稿日期:2020-11-12

修回日期:2020-12-21

资助项目:国家自然科学基金(41701142,42061054);中央高校基本科研业务费专项资金(2020jbkyjc002)

第一作者:李恒吉(1985—),男,甘肃庆阳人,助理研究员,主要从事区域可持续发展研究。E-mail:lihengji@llas.ac.cn

通信作者:逯承鹏(1984—),男,甘肃兰州人,博士,研究员,主要从事人文经济地理研究。E-mail:lcp@lzu.edu.cn

low, and many cities faced the dilemma of recession. Improving the overall level of urban sustainable development capability and the coordinated development within cities and sub-systems are the key issues for urban development in the process of comprehensive revitalization of the northeast China in the new era.

**Keywords:** urban sustainable development; TOPSIS; coupling-coordination model; spatiotemporal evolution; northeast China

城市可持续发展是地理学关注的热点问题<sup>[1]</sup>,地理学相关理论、方法和技术已成为解决可持续发展问题的基础<sup>[2]</sup>。随着全球城市化进程的加快,城市成为落实可持续发展的关键,实现城市经济、社会和环境系统的“共同发展、相互促进”已越来越引起各界人士的普遍关注<sup>[3]</sup>。同时,城市作为地域性组织,规模差异巨大、内部关系复杂以及发展问题繁多,这就使探索城市可持续发展能力尤为必要<sup>[4]</sup>。国际上对于城市可持续发展能力的研究主要集中在城市发展与社会公平及与资源环境承载力可持续性<sup>[5-6]</sup>相关领域,国内学者则围绕城市可持续发展测度和评估开展研究并取得丰富成果<sup>[7-9]</sup>。然而,随着该领域研究的不断发展,学者们不仅着眼于可持续发展能力的量化测算,也逐渐关注其在时空维度上的演变特征。因此,定量评估城市可持续发展能力并探讨起时空格局演化极其必要,不仅可为城市空间发展战略制定、资源优化配置等提供参考依据,同时具有重要的理论价值。

城市可持续发展能力体现的是一个城市或者区域可持续发展战略的实施效果,是对所施行的一系列可持续发展措施成果的体现<sup>[10]</sup>。然而,科学评估城市可持续发展能力的关键和难点在于经济、环境和社会 3 个维度间复杂紧密联系和相互之间产生的影响<sup>[11]</sup>,例如我国较早开始对可持续发展进行研究的学者牛元文<sup>[12]</sup>将可持续发展定义为经济—社会—自然相协调的矢量,它会引导一个国家、地区或者城市向着更加和谐健康稳定的方向发展。当前,我国学者从不同层面有针对性地构建了城市可持续发展能力评估指标体系,采用诸如生态足迹<sup>[13]</sup>、能值分析<sup>[14]</sup>及物质流分析<sup>[15]</sup>等方法与模型开展城市可持续性量化测算与评估,但现有的城市可持续发展能力评价方法大多限定了评价指标,无法满足实际的政策制定需要。同时,揭示城市可持续发展能力空间分异特征和联合信息的研究还相对较少。此外,随着该领域研究的不断深入,需要更多关注城市各子系统内部耦合协调度在时空维度上的演变特征。

自 2000 年起,国家针对东北振兴及城市转型的紧迫性提出要走可持续发展道路并陆续发布一系列指导意见和措施,对东北三省可持续发展起到明显效果。但是,东北地区城市经济、社会及生态环境子系

统之间的协调发展问题依然突出,迫切需要开展东北地区城市可持续发展能力的科学评估,揭示其时空特征和影响因素及其相互作用机理,为制定城市宏观经济决策和产业发展规划提出相应对策。基于此,本文以 2000 年、2005 年、2010 年及 2015 年东北三省(辽宁省、吉林省和黑龙江省)34 个地级市为研究对象(因延边朝鲜族自治州和大兴安岭地区数据缺失,不作为研究对象),构建基于 TOPSIS 法的城市可持续发展能力评估模型并结合耦合协调度模型,结合 GIS 进行空间可视化分析,对东北地区城市可持续发展能力和耦合协调度时空演变过程及空间分异格局进行综合研究,以期为实现新时代东北全面振兴与城市可持续发展提供理论决策依据。

## 1 研究方法 with 数据

### 1.1 指标体系

影响城市可持续发展能力的因素具有多样性和复杂性等特征,已有文献<sup>[7,9-10]</sup>通常选用 GDP 增长率、人均 GDP 和人均财政收入等指标表征城市经济子系统可持续发展能力,选用城镇登记失业率、人口自然增长率和城镇居民人均可支配收入等指标城市社会子系统可持续发展能力,选用建成区绿化覆盖面积、人均绿地面积和工业废水排放量等指标表征城市生态环境子系统可持续发展能力。本文结合东北区域特点,遵循全面性、代表性、可比性以及数据可获取性原则,增加全员劳动生产率、常住人口城镇化率和一般工业固体废弃物综合利用水平等指标,并咨询相关专家对指标进行研讨,最终确定了包含 22 项具体指标的东北地区城市可持续发展能力评价指标体系(表 1),既反映社会经济发展的客观成就,又体现城市居民对社会进步的体验与感受,与全面小康、生态文明的时代理想结合,并强调研究的政策服务和导向功能。所有数据均直接或间接来源于相应年份的《辽宁省统计年鉴》、《吉林省统计年鉴》、《黑龙江省统计年鉴》及《中国城市统计年鉴》。

### 1.2 基于 TOPSIS 法的城市可持续发展能力评估模型

基于变异系数 TOPSIS 法<sup>[16-17]</sup>构建东北地区城市可持续发展能力评估模型来评估城市可持续发展能力水平。通过 TOPSIS 法计算可得研究区各城市

经济、社会和生态环境 3 个子系统及综合系统的可持续发展能力水平,借鉴已有研究<sup>[17]</sup>,并结合区域实际,将其划分为 5 个等级(表 2)。

表 1 东北地区城市可持续发展能力评价指标体系

目标层	准则层	指标层	单位
城市 综合 可持 续发 展能 力	经济子系统	GDP 增长率	%
		人均 GDP	元
		全员劳动生产率	万元/人
		社会消费品零售总额	亿元
		固定资产投资总额	亿元
		农林牧渔业总产值	万元
		第二产业占 GDP 比重	%
		第三产业占 GDP 比重	%
		进出口总额	万美元
	社会子系统	常住人口城镇化率	%
		城镇登记失业率	%
		人口自然增长率	%
		城镇居民人均可支配收入	元
		环保投入占 GDP 比重	%
		每万人卫生机构人员数	人
		教育支出	万元
		科技支出	万元
	生态环境子系统	人均绿地面积	m <sup>2</sup>
		一般工业固体废弃物综合利用水平	万 t
		工业废水排放量	万 t
		工业二氧化硫排放量	t
		工业烟尘粉尘排放量	t

表 2 城市可持续发展能力水平分级标准

城市子系统	低	中低	中等	中高	高
经济子系统	(0,0.1]	(0.1,0.2]	(0.2,0.3]	(0.3,0.4]	(0.4,1]
社会子系统	(0,0.1]	(0.1,0.2]	(0.2,0.3]	(0.3,0.4]	(0.4,1]
生态环境子系统	(0,0.2]	(0.2,0.4]	(0.4,0.6]	(0.6,0.8]	(0.8,1]
综合系统	(0,0.1]	(0.1,0.2]	(0.2,0.3]	(0.3,0.4]	(0.4,1]

1.3 耦合协调度模型

耦合协调度可有效判断城市经济、社会和生态环境各子系统的耦合作用强度。按照耦合度和耦合协调度大小,借鉴已有研究<sup>[18]</sup>,划分不同类型(表 3)。

表 3 耦合度和耦合协调度分级标准

耦合度范围	耦合类型	耦合协调度范围	协调度类型
(0.8,1)	高水平耦合阶段	[0.6,1]	协调发展类
(0.5,0.8]	磨合阶段	[0.5,0.6)	勉强协调发展类
(0.3,0.5]	拮抗阶段	[0.4,0.5)	濒临衰退失调类
(0,0.3]	低水平耦合阶段	[0,0.4)	失调衰退类

2 结果与分析

2.1 城市可持续发展能力时空演变特征

从城市综合可持续发展能力来看(图 1),2000 年,沈阳、大连、鞍山、哈尔滨和大庆 5 个城市处于高水平发展阶段,仅有长春处于中高水平发展阶段,其他 28 个城市均处于中等和中低水平阶段;2005 年,

处于高水平发展阶段的城市减少到 3 个城市,为沈阳、大连和哈尔滨,鞍山和大庆则下降到中高水平发展阶段,长春及其他城市所处阶段不变;2010 年,处于高水平发展阶段变为沈阳、大连、长春和哈尔滨 4 个城市,大庆下降为中高水平发展阶段,其他城市均处于中等和中低水平阶段;到 2015 年各城市综合可持续发展能力水平与 2010 年总体上基本保持一致。此外,从沈阳、大连、长春、哈尔滨和大庆这 5 个持续处于中高和高水平发展阶段的城市的可持续发展能力变动趋势来看(图 2),整个研究期间,大连市可持续发展能力呈现快速增长趋势,属于引领性城市;沈阳市总体呈波动增长趋势且变化幅度不大;长春市呈现稳步增长趋势,2010 年后从中高水平发展阶段进入高水平发展阶段;哈尔滨市虽然持续处在高水平发展阶段但呈波动下降趋势;大庆市于 2005 年后由高水平发展阶段进入中高发展水平阶段,呈现下降趋势。

从城市各子系统可持续发展能力来看(图 1),对于城市经济子系统而言,沈阳和大连在 4 个阶段中均处于高水平发展阶段,是东北地区经济发展水平与实力最强的 2 个城市;长春与哈尔滨 2 个省会城市分别从 2000 年的中等、中高发展水平提升到 2015 年的高水平发展阶段,呈现出增长趋势;而典型的资源型城市大庆因资源逐步枯竭由 2000 年的高水平下降到中等发展水平,并表现为持续降低趋势;其他城市均低于中等发展水平且所占比重较高。对于城市社会子系统而言,沈阳、大连以及哈尔滨 3 个城市始终处于高水平发展阶段,其他城市中仅有长春在 2005 年和鞍山在 2000 年处在高水平阶段,长春自 2005 年以后持续维持在中高发展水平,而鞍山在 2005 年处于中高发展水平之后下降为中等发展水平阶段;抚顺、大庆与齐齐哈尔在 2000 年和 2005 年维持在中高发展水平,而在 2010 年和 2015 年下降到中等发展水平;七台河和牡丹江仅在 2000 年为中高发展水平,之后下降到中等及中低发展水平;其他城市中,本溪、盘锦、吉林、白山和绥化 5 个城市只有在 2005 年处在中高发展水平,其他年份处在中等及中低发展水平。对城市生态环境子系统而言,2000 年城市生态环境子系统可持续发展能力较高,沈阳、大连、抚顺等 21 个城市均处于高发展水平,剩余的 13 个城市处在中高发展水平;2005 年,仅有沈阳和大庆处在中高发展水平,处在中等发展水平的有大连、长春和吉林等 7 个城市,其他均处在中低发展水平;2010 年,仅有沈阳和大连处在中高发展水平,长春、哈尔滨和大庆 3 个城市维持在中等发展水平,其他城市均处在中低发展



水平;到 2015 年,仅有沈阳、大连和长春处在中高发展水平,哈尔滨和大庆处在中等发展水平,其他处在中低发展水平,整体上表现为下降趋势。总体来看,研究期间东北三省城市综合可持续发展能力整体水平较低,处于中高和高水平发展阶段的的城市总体上仅有 5 个城市,处于中等和中低水平阶段的的城市所占比重较大。对于各子系统而言,东北地区 34 个地级市城市经济子系统和社会子系统可持续发展能力亦不高,主要原因是东北地区城市经济发展整体水平不

高,资源型城市转型压力较大,社会基础设施不完善,经济发展滞后以及失业率增加等因素。并且,2000 年以来生态环境压力逐年加大,导致生态环境可持续发展能力急剧下降,同时表明东北振兴战略实施以来,尽管部分城市生态环境建设效果显著,但由于环境污染治理与保护方面投入仍然不足,城市生态环境改善仍旧受到制约,城市生态建设与环境治理亟待加强。因此,全面提升城市综合可持续发展能力是新时代推进东北全面振兴的重要任务。

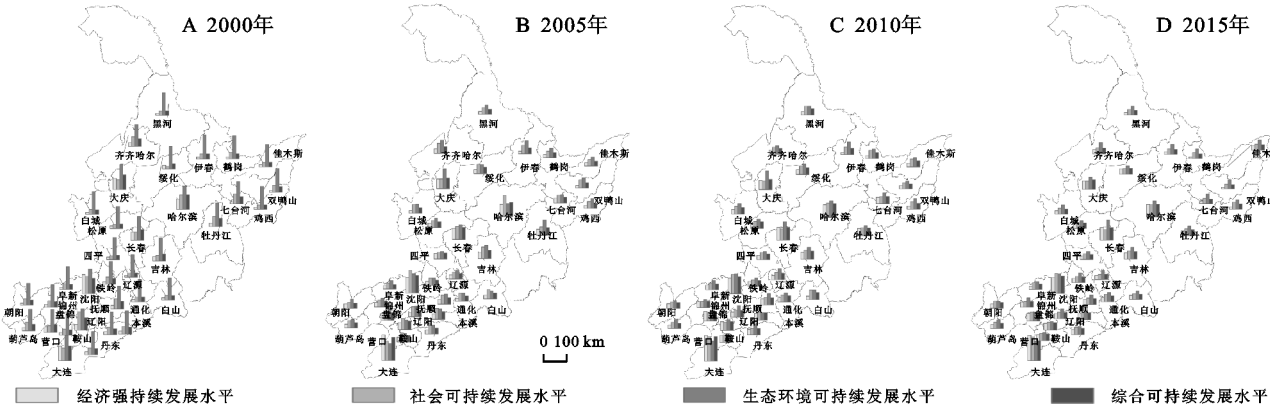


图 1 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年东北地区城市可持续发展能力时空演变

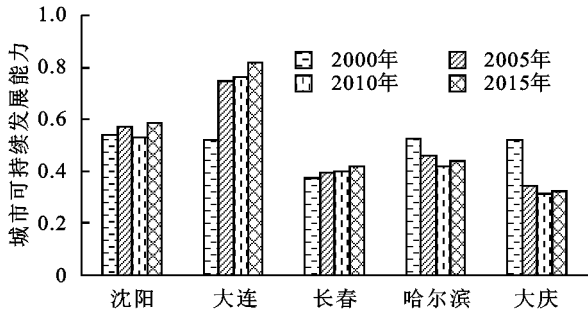


图 2 沈阳、大连、长春、哈尔滨和大庆城市综合可持续发展能力变化趋势

2.2 东北地区城市可持续发展能力空间分异特征

从空间分异情况来看(图 3),总体而言,东北地区综合可持续发展能力较强的城市主要分布于哈大

铁路沿线,这与其区位与交通优势密切相关。资源型城市可持续发展能力呈下降趋势,以葫芦岛、鸡西、鹤岗、双鸭山、七台河市等市最为明显。从省域来看,对于辽宁省而言,沈阳和大连两市引领发展,“双核”特征较为显著;吉林省整体上可持续发展能力不强,省会城市长春市形成单中心引领区,“中心—外围”特征较为突出;黑龙江省内西南部的哈尔滨、大庆和牡丹江等城市可持续发展能力明显高于东北部的伊春、鹤岗和佳木斯等城市,形成具有明显差异的两带,西南带以哈尔滨为中心,以大庆为副中心,城市可持续发展能力水平整体明显高于东北带,两带的两极分化特征较为显著。

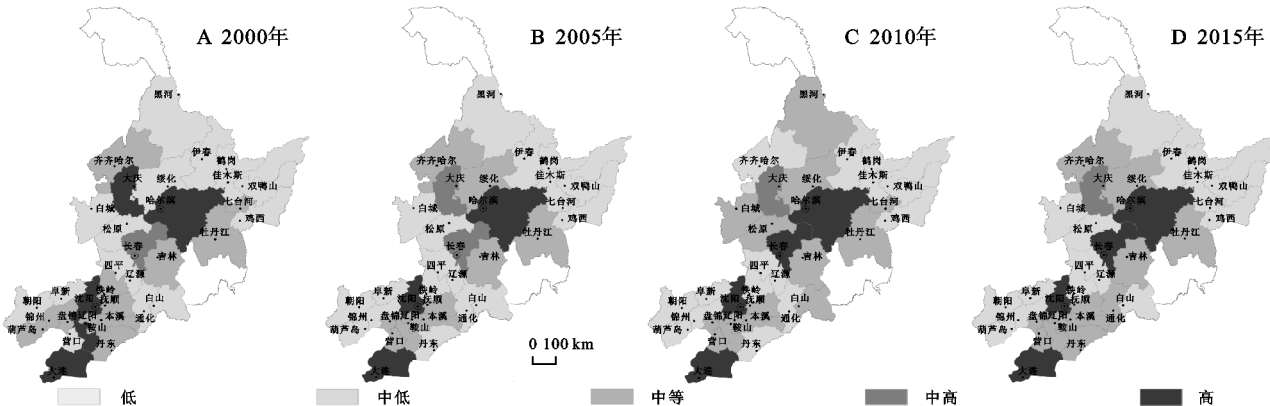


图 3 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年东北地区城市可持续发展水平空间分异

从发展阶段来看,2000 年,南部地区形成沈阳—鞍山—大连城市可持续发展能力高水平发展轴,中部

地区形成哈尔滨、大庆、长春为主要城市的高一中高发展区,北部地区则为中低发展水平区,空间分

异特征显著;到 2005 年,由于鞍山可持续发展能力降低,辽宁省内沈阳和大连的“双核”特征显著。哈长地区则以哈尔滨为中心,以长春和大庆为副中心,周边地区较低。葫芦岛、锦州、朝阳、阜新、白城、松原、四平、辽源、白山、通化等市可持续发展能力较低,形成“V”字型“凹槽区”;到 2010 年,沈阳和大连在辽宁省的“双核”特征依然突出,哈尔滨和长春两个省会城市形成高水平发展区,在哈大经济走廊上的辐射带动作用进一步增强。沈阳、大连、长春和哈尔滨这 4 大城市引领发展的格局基本形成。到 2015 年,与 2005 年比较而言,总体上空间分异特征变化不大,依然表现为沈阳、大连、长春和哈尔滨 4 大城市引领格局。

2.3 城市子系统耦合协调度时空演变特征

由图 4 可知,研究期间,沈阳、大连、长春、哈尔滨

和大庆的城市耦合协调度持续较高,大于 0.6,城市子系统之间协调发展程度较强,这些城市多是东北地区的省会城市和核心城市,经济社会发展水平、科技创新能力及生态环境保护能力等方面均优于其他城市。牡丹江、吉林、抚顺、本溪一直处于勉强协调发展阶段;齐齐哈尔在 2010 年子系统间衰退明显,呈现濒临失调的状态,究其原因与污染物排放量、失业率增加、经济增长速度慢等因素有很大的关系,2010 年齐齐哈尔的污染物排放量达到近几年的最高峰,环境治理力度较低,失业率增加明显,使得整个城市发展相对滞后。整体而言,东北地区大多数城市一直面临着衰退失调的困境,对全域城市发展有着很强的制约效应。因此,如何提升城市之间以及各城市自身的协调发展今后东北城市可持续发展的关键问题。

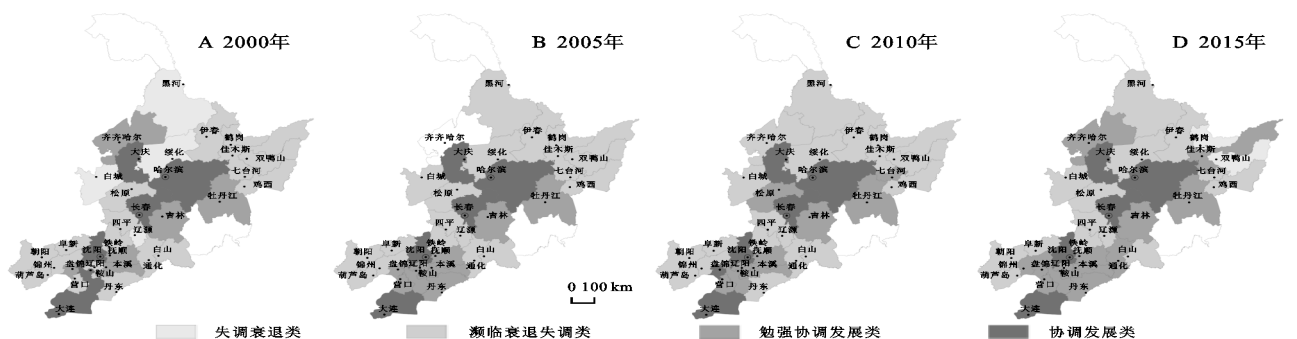


图 4 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年东北地区城市耦合协调度时空演变

3 结论

(1) 总体而言,研究期间东北地区城市综合可持续发展能力整体较低,34 个地级市中,仅有沈阳、大连、长春、哈尔滨和大庆 5 个城市持续处于中高和高水平发展水平,处于中等和中低发展水平的城市所占比重较大,同时,城市经济、社会和生态环境子系统可持续发展能力在不同时期呈现出不同的时空演化特征。提升城市可持续发展能力整体水平是新时代东北全面振兴过程中亟待解决的关键问题。

(2) 从空间分异视角来看,从全域来看,总体上表现为沈阳、大连、长春和哈尔滨 4 大城市引领格局,综合可持续发展能力较强的城市主要分布于哈大铁路沿线,空间分异特征较为显著。从省域来看,辽宁省内沈阳和大连的“双核”特征较为显著,吉林和黑龙江两省整体来看以哈长地区为中心,“中心—外围”特征较为突出。

(3) 从耦合协调度来看,东北三省 34 个地级市经济、社会和生态环境子系统整体耦合协调度水平较低,较多城市面临衰退失调的困境,制约效应明显,严重影响城市未来可持续发展,提升城市间以及各城市子系统内部的协调发展是今后的可持续发展的主要任务。

本文主要从宏观层面反映城市可持续发展能力与耦合协调度的时空演变和分异特征,而对于各个时间段内更小时间尺度的演变特征与发展规律有待深入研究,同时,采用更精细尺度的县域为对象及连续的时间序列开展研究,能更深入地探索和阐明东北地区可持续发展能力的区域内部差异和时空演变趋势,未来需要开展进一步的深入研究。

参考文献:

[1] 傅伯杰.地理学:从知识、科学到决策[J].地理学报, 2017,72(11):1923-1932.  
[2] 傅伯杰,冷疏影,宋长青.新时期地理学的特征与任务[J].地理科学,2015,35(8):939-945.  
[3] 朱高立,饶芳萍,李发志,等.基于生态足迹的沿海城市可持续发展能力评价及预测分析:以江苏盐城为例[J].水土保持研究,2021,28(2):360-366.  
[4] 莉迪亚·梅热耶夫斯卡,何娟.城市的可持续发展:系统性方法[J].南京工业大学学报:社会科学版,2019,18(4):8-14,111.  
[5] Singh G K, Mohammad S. Widening rural-urban disparities in all-cause mortality and mortality from major causes of death in the USA,1969—2009 [J]. Journal of Urban Health, 2014,91(2):272-292.