

次区域城市群协同发展时空演变及动态模拟研究

——以宜荆荆恩城市群为例

安敏¹ 宋孟斐¹ 何伟军¹ 孔阳² 黄进¹ 方雪¹¹

(1. 三峡大学 经济与管理学院, 湖北 宜昌 443002;

2. 河海大学 商学院, 江苏 南京 210098)

【摘要】: 建立“经济水平—交流服务—产业发展—生态文明—公共服务—科技创新”框架, 以宜荆荆恩城市群为例, 并与相似区域城市群对比, 综合运用耦合协调度、BP神经网络模型、ArcGIS空间分析工具研究次区域城市群协同发展时空演变规律及发展趋势。结果表明: (1) 宜荆荆恩城市群综合发展能力指标总体协调发展不均衡。(2) 与苏锡常都市圈相比, 宜荆荆恩城市群的综合协同发展水平较低, 且处于波动状态。(3) 在动态模拟方面, 宜荆荆恩城市群 2020—2025 年协同水平差距将持续增大, 其协同发展水平在南北方向呈倒“U”型, 东西方向呈“两边低, 中间高”的趋势。

【关键词】: 次区域城市群 协同发展 时空分析 模拟预测

【中图分类号】: F299.2 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1005-8141(2022)03-0313-08

现阶段我国中西部地区经济发展相对滞后, 一个重要的表现是区域内部大、中、小城市之间发展协调性不足。区域内中心城市由于具有较优的产业结构而逐步对生产要素产生强大吸引力, 从而使生产要素向中心城市集中。但中心城市过分强调自身资源的集聚, 在一定程度上阻滞了区域空间功能的分工。中心城市规模在迅速发展的同时, 区域内的中小城市则由于中心城市的极化效应而发展相对缓慢。加之增长极在发展初期更多的是产生虹吸效应而不是辐射作用, 区域发展不平衡、地区差距大的矛盾逐渐突出。

近年来, 随着城际联系的增强, 区域内以次中心城市为主的次区域城市群逐渐崛起。在此背景下, 次区域城市群的协同发展不仅使区域内主中心城市的职能有意识地向次中心城市疏解, 中心城市的首位度不断被稀释, 从而缓解了极化效应, 成为经济增长的新动能之一。推动次区域城市群内各城市协同发展不仅可以促进城市自身的发展, 还可以推动城市在更大范围内优化配置资源, 使资源在区域内聚集时可以在中等城市甚至小城市谋求更多的盈利机会, 形成辐射效应, 进而带动区域内各个城市的发展。因此, 次区域城市群的协同发展成为区域发展的重要组成部分, 对于全国各地区的城市高质量建设与可持续发展有重要的推动作用。

作者简介: 安敏 (1991-), 女, 河南省新乡人, 博士, 讲师, 研究方向为资源环境管理。黄进 (1988-), 男, 湖北省应城人, 博士研究生, 研究方向为生态系统可持续发展。

基金项目: 国家自然科学基金青年项目 (编号: 72004116); 国家社会科学基金重大项目 (编号: 19ZDA089); 湖北省人民政府智力成果采购委托项目 (编号: HBWT-2020-04); 湖北省人文社科重点研究基地项目 (编号: 2021-SDSG-05)

1 文献回顾

随着城市群协同发展的研究逐渐成为热点, 学者对研究对象的选择也越来越多样化。研究对象主要包括京津冀城市群与长三角城市群^[1,2]、关中城市群^[3]、呼包鄂城市群^[4]、成渝城市群^[5]和淮海城市群^[6]等区域城市群。从评价体系的构建角度来看, 由于城市群协同发展是一个涉及经济、社会、资源等诸多要素的复杂系统工程, 因此不同的城市群的建构角度也各不相同。学者对城市群协同发展的建构角度主要基于系统论^[7,8,9]、城镇化^[10,11,12]和高质量发展^[13,14]等视角, 缺乏从城市群功能结构对次区域城市群协同发展的研究。由于次区域城市群的综合发展是城市子系统在经济、产业、交通、服务、生态和科技等功能结构下相互作用的结果, 推动次区域城市群各个城市在不同功能要素下的协同发展对于区域内城市高质量发展具有重要意义。除此之外, 为了更客观地分析城市群的协同发展水平, 刘宾以区域协同创新理论和增长极理论为基础, 针对京津冀区域协同创新发展的现状和困境进行了研究^[15]; 郑志丹将京津冀城市群和长三角城市群的空间面板数据进行了对比, 探讨了京津冀城市群一体化背景下的协同发展路径^[16]; 钟韵、秦嫣然选取长三角和珠三角两大城市群的服务面板数据, 对比分析了两地的服务业协同集聚特征, 并对其影响机制进行了实证分析^[17]。前期研究多是针对区域城市群本身或者与同级城市群对比, 但由于次区域城市群的协同发展不能只依赖于城市群自身现状, 还要和更高一级的区域城市群进行对比, 才能客观评价次区域城市群的协同发展水平。因此, 将次区域城市群与更高一级的城市群协同发展进行对比, 才能更合理地判断城市群协同发展能力。

随着我国城市群协同建设的快速推进, 研究方法也趋于多元化, 定性方法如文献整理法^[18], 定量分析如核密度估计方法^[19]、地理探测器因子探测方法^[20]和 CiteSpace 计量工具^[21]等方法的引入为研究城市群协同发展提供了相对充足的技术手段。但目前的研究大多采用文献整理法、空间分析方法等对城市群协同发展现状进行分析, 对城市群未来几年协同发展趋势预测鲜有涉及。由于城市发展具有阶段性, 在区域发展过程中, 城市群协同水平会随着发展阶段的演化而处于动态演化状态, 各构成要素会存在不同的演化规律, 因此在不同的发展阶段, 城市的最优协同水平也会有所改变。如果只依赖历史数据来评价城市群的协同发展是具有滞后性的, 不利于对城市群未来的协同发展提供理论指导。运用量化仿真模型可以对城市群未来一段时间内的协同发展水平进行阶段性模拟和预测, 有利于实现区域协同发展水平的优化, 进而推动区域内城市之间打破行政壁垒, 加速我国区域协同发展的进程。

基于此, 为全面认识和分析次区域城市群协同发展状况, 本文引入“经济水平—交流服务—产业发展—生态文明—公共服务—科技创新”复合系统视角来构建全面的综合评价指标体系, 通过建立耦合协调度模型, 从时间和空间两个维度对次区域城市群协同发展耦合特征和协同水平进行测度, 并通过将次区域城市群与区域城市群进行对比分析, 客观地评价次区域城市群的协同发展现状。本文借助 ArcGIS 空间分析和 BP 神经网络模型对协同发展进行动态模拟研究, 针对次区域城市群协同发展现状提出相关建议, 以期为全国次区域城市群建设提供模板参考。

2 研究方法

2.1 耦合协调度模型

耦合 (nexus) 思想旨在改变以往“孤立”的研究理念, 以系统视角强调要素间的联系、协同作用和权衡的重要性。耦合协调这一概念来源于物理学, 其中, 耦合度是指两个及两个以上的系统或要素之间相互作用、相互依赖的影响量度, 而协调水平则反映系统在耦合基础上协调状况的优劣程度, 控制着系统临界状态时的结构^[22]。经济社会领域中, 联系紧密的经济指标或社会现象通过相互促进或相互制约的方式有机结合形成联合体, 共同发挥作用的形式或关系即是经济社会中的耦合^[23]。本文利用 E-Topsis 法计算次区域城市群的系统综合评价得分 $U_1, U_2, \dots, U_n$ (具体计算过程见滕堂伟^[24]), 采用耦合协调度模型对其协同发展水平进行评价。耦合度函数表达式如下:

$$C = \sqrt[n]{\frac{U_1 \times U_2 \times \cdots \times U_n}{\left(\frac{U_1 + U_2 + \cdots + U_n}{n}\right)^n}} \cdots \cdots (1)$$

式中，C 表示耦合度；n 表示子系统个数；U₁, U₂, …, U_n 分别表示不同的子系统综合得分。耦合度只侧重于水平耦合，并不能呈现相互间的整体协调程度，而耦合协调度是建立在多个系统综合发展水平之上的测度模型，能反映各系统是否具有良好的水平，也能反映系统间和谐一致、彼此作用的关系^[26]。本文选择耦合协调度模型对城市群的协同发展现状进行分析，模型如下：

$$T = \alpha_1 U_1 + \alpha_2 U_2 + \cdots \alpha_n U_n \cdots \cdots (2)$$

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

式中，D 表示耦合协调度；T 表示综合评价价值，用于反映各个系统整体的发展水平；α₁, α₂, …, α_n 表示待定权重系数，反映各子系统的重要性。假设各子系统在协同发展过程中是同等重要的，则 α₁=α₂=…=α_n=1/n。为了更加直观和清晰地对次区域城市群协同发展现状进行分析评价，本文利用均匀分布函数法来确定耦合协调度的评价标准^[26]。

2.2 综合协同发展模型

由于耦合协调度模型可以衡量多个系统之间协调发展程度，因此为客观地分析次区域城市群与相似的区域城市群之间协同水平的差异，本文以耦合协调度模型原理为基础，将次区域城市群的各个城市视为不同的系统，构建次区域城市群综合协同发展模型。根据公式（3）计算得出每个指标 i 的耦合协调度。假设次区域城市群的综合协同发展测度模型共选取了 n 个指标，则这 n 个指标在第 t 年的综合耦合协调度模型为：

$$D_t = \gamma_1 D_{1t} + \gamma_2 D_{2t} + \cdots + \gamma_n D_{nt} \cdots \cdots (4)$$

式中，D_t 为次区域城市群 n 个指标第 t 年的综合耦合协调度加权求和得到的综合耦合协调度指数，用来测量次区域城市群城市之间综合协同的发展情况；D_{1t} 为次区域城市群中城市第 1 个指标的耦合协调度；D_{2t} 为次区域城市群中城市第 2 个指标的耦合协调度；D_{nt} 为次区域城市群中城市第 n 个指标的耦合协调度；γ₁, γ₂, …, γ_n 为每个指标在测算综合耦合协调度指数时所占的权重，由于在本研究中每个指标在城市群协同发展过程中均占同等重要的位置，因此，γ₁=γ₂=…=γ_n，γ₁+γ₂+…+γ_n=1。

2.3 BP 神经网络模型

BP 神经网络是根据误差逆传播算法训练的多层前馈网络模型，该算法以实际输出值与期望输出值之间的误差平方作为目标函数，通过利用实际数据的训练和多次修正，最终使误差降低到最小值，逼近期望输出^[27]。该预测模型应用广泛，经常被用于模型识别分类和时间序列预测等，其内部结构也较为简单，包含 1 个输入层、至少 1 个隐含层和 1 个输出层^[28]，如图 1 所示。BP 神经网络模型能学习和存贮大量的输入—输出模式映射关系，通过反向传播来不断调整网络的权值，其反向传播的主要原理是：采用随机初始化权重和偏置初始化网络模型，将样本数据传入到网络，然后建立损失函数：

$$loss = (y_{target} - y_{out})^2 \cdots \cdots (5)$$

式中， y_{target} 为实际值； y_{out} 为输出值； $loss$ 为模型误差。

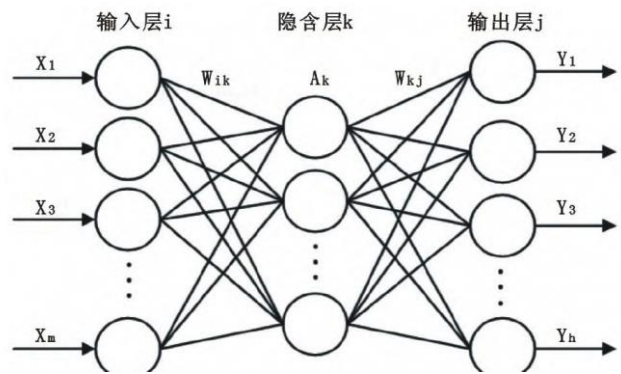


图 1 BP 神经网络网络模型

利用损失函数比较输出与实际值之间的差异，可得到当前参数下的模型误差。为了使模型不断优化并逼近到最佳的状态，在计算模型误差时，由于参数的设置对于模型的优化有重要作用，因此通过经验公式来确定隐含层节点数，即：

$$k = \sqrt{h \times m} + a \dots\dots\dots (6)$$

式中， k 为隐含层的节点数； m 为输入节点数； h 输出节点数； a 则为 1—10 之间的常数。为了得到训练误差和测试误差最小的隐含层节点数，应不断调整常数 a 。通过反向传播算法反向依次计算每个隐含层的误差项，每次迭代训练时随机使一部分节点失活（即不调整该节点的参数），从而解决因协同作用引起的过拟合问题，并进行预测。

2.4 地统计趋势分析方法

地统计分析方法以区域化变量为基础，借助变异函数，研究具有空间相关性和依赖性的地理现象^[29]。该理论包括 4 个步骤，分别为前提假设、区域化变量、变异分析和空间估值。在大量样本数据的基础上，通过分析样本间的规律，对空间数据作平稳性假设并探索分布规律，然后进行预测，其流程如图 2 所示。地统计趋势分析则是 ArcGIS 软件中地统计分析的重要内容，它可以利用样本数据生成以数据某一属性值为高度的三维透视图，从而便于从不同角度对协同发展水平的全局趋势进行分析。图中的每一根竖棒代表了一个城市耦合协调度的高度和位置^[30]，其投影点可以模拟次区域城市群协同发展水平在特定方向上的变化趋势。

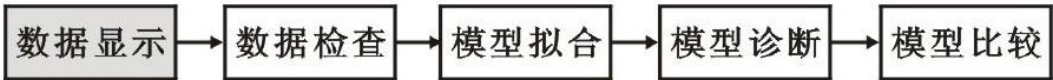


图 2 地统计

3 指标体系及数据来源

3.1 指标体系构建及数据来源

本文主要以区域协同理论^[31]和可持续发展理论为指导,综合考虑次区域城市群的发展现状,构建协同发展指标体系。

即以协同发展为目标层,经济水平、交流服务、产业发展、生态文明、公共服务和科技创新为准则层,涵盖人均收入、产业结构贴进度、万元 GDP 能耗、城镇登记失业率和发明专利授权量等 25 个指标,这些指标综合反映了城市的综合经济实力产业结构及规模、生态治理效果、公共服务水平和科技创新能力与城市之间的交流互联互通情况。

本文中的原始数据主要来自于 2010—2020 年《中国城市统计年鉴》《宜昌市统计年鉴》《荆州市统计年鉴》《荆门市统计年鉴》《恩施州统计年鉴》,各城市国民经济和社会发展统计公报、各城市环境公报和政府工作报告。部分缺失的数据则根据插值法计算得到。

3.2 研究区概况

为了全面认识次区域城市群协同发展水平,本文选取具有代表性的次区域城市群——宜荆荆恩城市群为研究对象。“宜荆荆恩”城市群地处湖北省中西部地区,包括宜昌市、荆州市、荆门市、恩施州 4 个城市,国土面积为 7.16 万 km²,约占湖北省国土总面积的 38.54%;GDP 总额为 10170.44 亿元,占湖北省 GDP 总量的 22.19%。从地理分布特点来看,宜荆荆恩城市群作为湖北省“一主两翼”战略中的南翼,代表着湖北省中西部地区的发展水平,是实现湖北省“一主两副”和“两圈一带”发展战略的重要载体。作为湖北省发展的重要次区域城市群,该城市群的协同发展对于湖北省经济社会水平提升具有重要的助推作用。

为客观分析次区域城市群的协同发展水平,并推动宜荆荆恩城市群的深入研究和协同发展,本文通过对不同城市群的发展历程、主要模式、经验做法等进行研究与探索,总结发展经验,为宜荆荆恩城市群协同发展提供借鉴。通过对比分析发现,苏锡常都市圈位于江苏省南部,东依上海,西连南京,北靠长江,南临太湖,是长三角城市群的重要组成部分,其在城市间距离、空间结构、自然禀赋等方面都与宜荆荆恩城市群存在相似之处。现阶段,苏锡常都市圈的综合竞争力在全省乃至全国名列前茅,而宜荆荆恩作为刚起步的次区域城市群则与之有一定的差距,因此本文选取苏锡常都市圈作为对比对象,针对宜荆荆恩城市群的协同发展现状进行分析。

4 实证结果及分析

4.1 协同发展水平分析

本文从时空序列角度出发,通过分析城市内综合发展能力和各城市指标协同的耦合协调度来综合评价宜荆荆恩城市群协调发展的具体情况。

城市内综合发展能力协同:(1)从整体上来看,2010—2019 年 4 个城市的综合发展能力协同的平均耦合协调度波动呈“W”型,最低值为 0.597,处于良好协调水平,其平均耦合协调度在 0.596—0.641 之间波动。(2)从单个城市来看,相较于 2010 年,2019 年宜昌市的增长态势最明显且协同发展水平最高,增幅为 4.66%。宜昌市作为湖北省中西部区域发展最快的城市,政策倾向性的存在使其更容易抓住机遇来不断发展本地区产业,进而促使产业结构优化,提高产业竞争力。而荆州市、荆门市和恩施州协同发展水平则表现为下降趋势,下降幅度最大的是荆门市(26.19%),这是由于该市的经济发展速度较为缓慢。与 2010 年相比,2019 年荆门市 GDP 占宜荆荆恩城市群的比例下降至 19.99%,因此该市在经济发展方面还需进一步加强。(3)从空间上来看,宜荆荆恩城市群综合发展能力耦合协调发展形成以宜昌市为核心的空间结构,且研究期间处于稳定的状态,而荆州市则经历了“下降—上升—下降”阶段,说明该市目前的耦合协调水平发展还不稳定,可能是由于该市在加快实现工业经济转型升级和现代服务业快速增长、加大科技创新力度的同时,公共服务的发展较缓慢所导致的。

城市间各指标协同：(1)从时间上看，2010—2019 年指标整体协同的平均耦合协调度波动呈“U”型特征，最低值为 0.583。从单个指标看，2010—2019 年城市协同平均水平最好的是产业发展（0.702），其协同水平一直处于良好协调状态。相较于 2010 年，2019 年科技创新增长的态势最明显，增幅为 40.16%。这是由于 2015 年恩施州的科技创新水平增长幅度较大，科技创新体系逐步完善。公共服务、交流服务、经济水平和生态文明城市协同水平则表现为下降趋势，下降幅度最大的是公共服务（40.82%）。(2)从空间上看，如图 3 所示，“宜荆荆恩”城市群指标耦合协调度差距呈现出先减小后增大的趋势。其中，2012 年耦合协调度差距达到最大（0.366）。同时，宜昌、荆州、荆门、恩施 4 个城市在生态文明和产业发展快速增长的同时，交流服务和公共服务逐渐呈现下降的趋势。

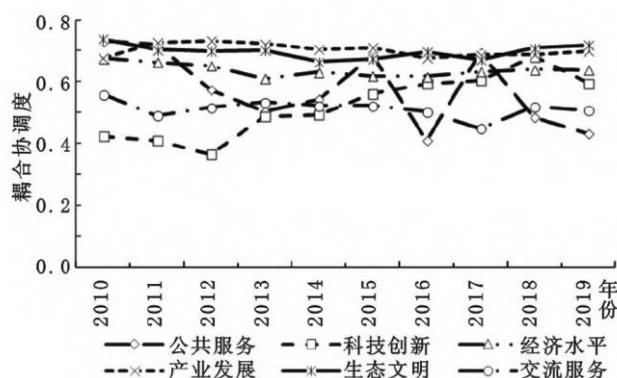


图 3 宜荆荆恩各指标耦合协调度

4.2 城市群综合协同发展水平对比

基于前述综合协同发展模型，本文对宜荆荆恩城市群和苏锡常都市圈的综合协同发展水平进行了计算，并比较了两个城市群的协同发展水平差异，如图 4 所示。与苏锡常都市圈相比，宜荆荆恩城市群的综合协同发展水平一直处于较低的水平。2010—2019 年，宜荆荆恩城市群的综合协同发展处于波动状态且波动较大，而苏锡常都市圈的综合协同发展趋势则较为平缓。由此可知，虽然苏锡常都市圈在城市间距离、空间结构等方面均与宜荆荆恩次区域城市群有着相似之处，但是由于苏锡常都市圈已经进入到城市化发展的成熟阶段，都市圈的特征已基本形成，都市圈的经济模式逐渐发展成以大城市为主体，因此其综合协同发展较为平稳。而针对宜荆荆恩城市群，宜昌市的经济和社会发展实力还不足以完全辐射和引领荆州市、荆门市和恩施市，带动能力有待提高，辐射效应尚未形成。从整体上看，宜荆荆恩城市群的综合协同发展水平较低，形成了宜昌协同发展较高，而其他 3 个城市间的协同发展质量较低的局面。

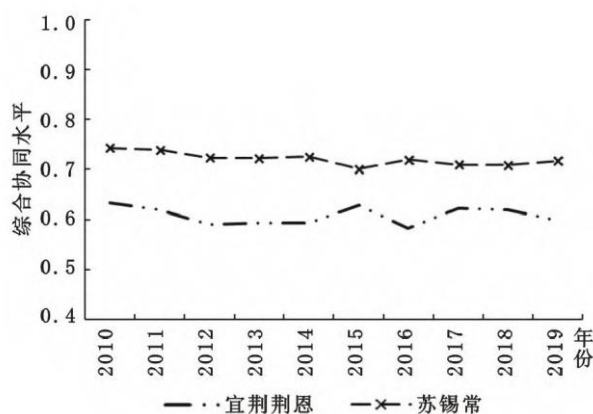


图 4 城市群综合发展能力对比

为了更加清楚地描述和对比宜荆荆恩城市群与苏锡城都市圈之间的协同发展水平，本文对二者在 2010—2019 年 10 年间的各指标耦合协调度均值进行了分析，如图 5 所示。从图 5 中可见，在公共服务、经济水平、交流服务、产业发展、生态文明和科技创新这 6 个指标中，苏锡城都市圈的平均耦合协调度均高于宜荆荆恩城市群。由此可见，苏锡常都市圈中 3 个城市的发展差距相差不大，且发展水平较高，因此其协同发展水平高于宜荆荆恩城市群。而在宜荆荆恩城市群中，4 个城市较注重自身发展，更关注本城市的发展利益，尚未形成协同发展意识，因此协同发展仍处于较低水平。

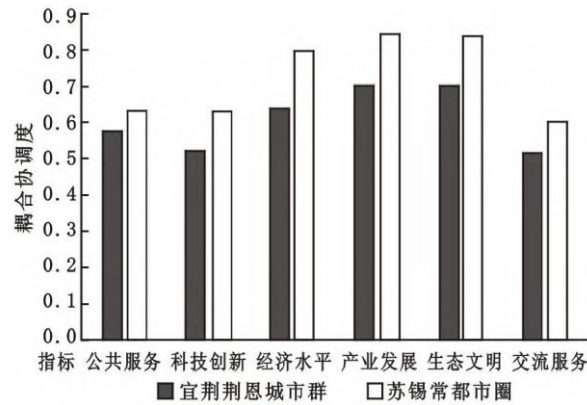


图 5 城市群各指标耦合协调度对比

4.3 协同发展等级演变趋势预测

本文将 2010—2019 年的耦合协调度作为输入层，利用 BP 神经网络模型对已有的宜荆荆恩城市群实际数据进行了模拟训练和验证，得到 2020—2025 年的预测数据。城市内综合发展能力协同和各指标耦合协调度的预测结果图 6 所示。2020—2025 年宜荆荆恩城市群整体的耦合协调度区域差距将延续前 10 年的发展趋势，呈现出继续增大的趋势。2020 年耦合协调度最大的宜昌市（0.848）和耦合协调度最小的荆门市（0.541）差距为 0.307，之后区域差距继续增大到 0.537。与 2019 年相比，荆门市综合发展能力协同波动较为明显，处于轻度失调水平。而宜荆荆恩城市群各指标的耦合协调度差距呈现出先增大后减小的趋势。2020 年耦合协调度值差距达到 0.148；2023 年开始上升到 0.304；到 2025 年差距又下降至 0.223。相较于 2020 年，2025 年经济水平则呈现增长趋势，增幅为 1.39%，其他指标的协同水平呈现不同幅度的下降。其中，科技创新的下降趋势最明显，降幅为 29.66%。因此，宜荆荆恩城市群城市在未来的建设中应注重加大科技创新的建设。

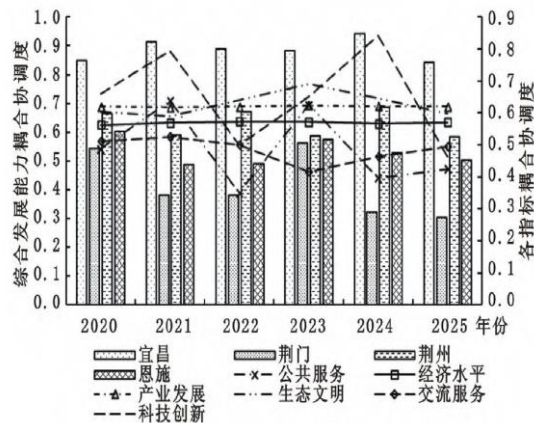


图6 2020—2025 年综合发展能力和各指标耦合协调度预测

4.4 协同发展水平空间发展趋势预测

本文基于 ArcGIS 软件绘制了 2020 年、2023 年和 2025 年宜荆荆恩城市群协同发展水平空间发展趋势线预测图（图 7），并对 2020—2025 年宜荆荆恩协同发展水平的分布特征及空间发展趋势进行了分析。图 7 中，X 和 Y 表示城市的位置；Z 表示城市的耦合协调度大小；黑线和灰线分别表示协同发展水平在南北方向和东西方向的趋势。

从图 7 可见：总体上，宜荆荆恩城市群协同发展水平在东西方向和南北方向上的空间差异较明显；在空间趋势上，2020—2025 年南北方向呈倒“U”型的发展趋势，变化总体来说较不明显，而东西方向上其协同发展水平则呈现出“两边低中间高”的趋势，且协同发展水平有所下降。这说明宜荆荆恩城市群中只有 1 个中心城市的协同发展水平较高，其他 3 个城市都偏低。

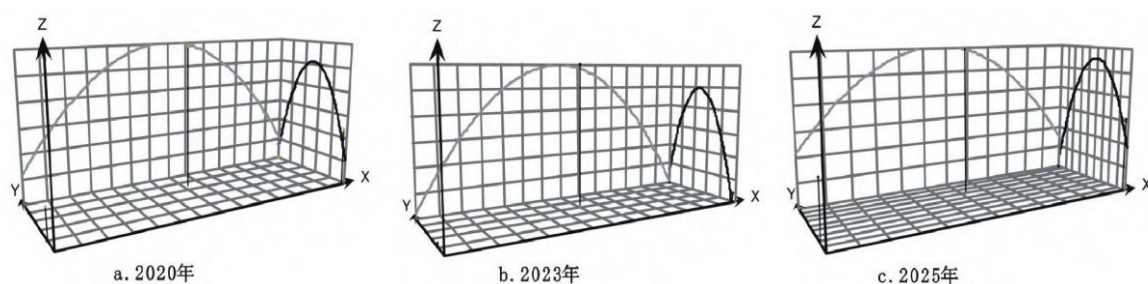


图7 2020 年、2023 年、2025 年宜荆荆恩协同发展水平趋势线

5 结论与建议

5.1 结论

本文基于“经济水平—交流服务—产业发展—生态文明—公共服务—科技创新”的城市群协同发展指标框架，选取与次区域城市群相似的区域城市群（苏锡常都市圈）作为对比，对宜荆荆恩城市群的协同发展水平时空演变及动态模拟展开了系统研究，主要结论如下：

(1)从综合发展能力协同来看：时间层面上，宜荆荆恩城市群耦合协调发展不均衡；空间层面上，宜昌市一直处于优质协调水平，而荆门市、荆州市和恩施州在近 10 年都经历了“上升—下降—上升”的阶段。针对城市间各指标协同，2010—2019 年科技创新和产业发展指标协调水平呈增长趋势，说明整体上次区域城市群城市之间的科技创新和产业发展差异在不断地缩小，其相互协调性趋于上升，而公共服务、生态文明、交流服务和经济水平有不同程度的下降。(2)与苏锡常都市圈相比，宜荆荆恩城市群的综合协同发展水平一直处于较低的水平。由于苏锡常都市圈协同特征已经基本形成，因此综合协同发展趋于平缓。而宜荆荆恩城市群在 2010—2019 年的综合协同发展处于波动状态，且波动较大，这说明宜荆荆恩城市群的辐射效应还没有真正形成。(3)预测结果显示，2020—2025 年宜荆荆恩城市群城市综合发展能力协同区域差距将继续增大。相较于 2020 年，2025 年城市间各指标协同中经济水平将呈现增长趋势，增幅为 1.39%，而其他指标协同水平将呈现不同幅度的下降，其中，科技创新的下降趋势将最为明显（29.66%）。

次区域城市群各城市协同发展水平直接关系着区域的平衡发展。通过对次区域城市群协同发展的研究以及与区域城市群协同发展的对比，发现其在发展过程中存在以下几方面的共性问题：(1)在协同发展演化过程中，次区域城市群的空间分异现象呈

现扩大趋势，“核心—边缘”结构特征鲜明。同时，次区域中心城市不仅在经济总量上领先，综合实力也明显高于城市群内其他城市，因此应该承担辐射带动职能，充当区域发展的“领头雁”角色。(2)由于次区域城市群还处在起步阶段，其协同发展状态还不稳固，因此与发展成熟的区域城市群相比，其协同发展水平在发展过程中会存在波动，且综合协同水平较低。在提高次区域城市群协同发展能力时，应充分借鉴已经发展成熟的区域城市群的经验。(3)由于次区域城市群内每个城市的发展水平各不相同，经济水平、交流服务、产业发展、生态文明、公共服务和科技创新在各城市的表现也各有差异，因此在协同发展演化过程中，指标协同发展能力参差不齐、水平不高。次区域城市群在协调发展的进阶过程中，应注重各指标之间的平衡发展，避免各指标协同水平差异持续增大。

5.2 建议

通过研究，针对次区域城市群的协同发展，本文提出以下3点建议：(1)增强中心城市的辐射带动能力，并充分发挥城市群内周边城市的独特优势。研究发现，在次区域城市群中，中心城市作为发展最快、协调能力最强的城市承担着促进周边城市协同发展的重任。但是通过与区域城市群对比发现，次区域城市群的协同发展还有很大的提升空间，因此应借鉴区域城市群成熟的发展经验。一方面，应重点加强中心城市的辐射带动能力，充分利用中心城市在次区域城市群的示范效应，通过强化中心城市的发展水平，逐渐形成以“涓滴效应”为主导的规模效应，带动周边城市的协调发展。另一方面，虽然次区域城市群中的其他城市协调能力较弱，但是也可以发挥自身优势，依靠中心城市的带动，通过培育环保型及绿色产业来带动产业集聚和经济发展。(2)在实现生态环境有效保护的同时，推动科技创新的快速发展。研究发现，当前阶段次区域城市群更加重视生态文明，其协同发展水平明显高于其他指标的协同能力，而科技创新水平处于勉强协调。与发展成熟的区域城市群相比，次区域城市群的指标协同能力均较低，因此次区域城市群在深入践行“绿水青山就是金山银山”理念的基础上，除了要把改善区域生态环境置于突出位置，还要加强科技创新的发展能力。一方面，政府及相关部门应合理配置生态环保资金，针对协同水平较低的地区给予一定的补助，对于重大的污染防治项目、区域保护项目等给予优先支持；另一方面，充分发挥协调水平较高的中心城市在科技、人才、教育、市场等方面的优势，积极与城市群内其他城市合作，拓展合作空间，共享发展成果，形成互利共赢的发展格局。(3)提高生活质量，强化交流服务设施。研究发现，公共服务和交流服务指标在次区域城市群中的协同发展水平呈现下降的趋势，严重影响了城市之间的高质量协同发展。因此，应着力解决次区域城市群城市居民生活质量和不平衡不充分发展之间的矛盾。一方面，针对协同发展水平较低的城市给予一定的政策倾斜，科学规划好公共文化场所、学校等公共服务设施的规模和结构；另一方面，各城市之间要强化交流服务能力，加快基础设施建设。

参考文献：

- [1]汪彬，陈耀．京津冀城市群发展差距测算及协同发展研究[J]．上海经济研究，2015，(8)：109-116.
- [2]韩雅清，左孝凡，李玉水，等．区域一体化战略对经济高质量发展的影响研究——以京津冀地区为例[J]．资源开发与市场，2021，37(10)：1216-1222.
- [3]杨天荣，匡文慧，刘卫东，等．基于生态安全格局的关中城市群生态空间结构优化布局[J]．地理研究，2017，36(3)：441-452.
- [4]郝海钊，陈晓键．西北地区城市群空间演变模式研究——以呼包鄂榆城市群为例[J]．现代城市研究，2021，(4)：56-63.
- [5]黄言，宗会明，杜瑜，等．交通网络建设与成渝城市群一体化发展——基于交通设施网络和需求网络的分析[J]．长江流域资源与环境，2020，29(10)：2156-2166.
- [6]王浩，李新春，沈正平．城市群协同发展影响因素与动力机制研究——以淮海城市群为例[J]．南京社会科学，

2017, (5) : 17-25.

[7]Liu W, Jiao F, Ren L, et al. Coupling Coordination Relationship Between Urbanization and Atmospheric Environment Security in Jinan City[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 204 : 1-11.

[8]党兴华, 赵琼, 张迎旭. 城市群协调发展评价理论与方法研究[J]. 当代经济科学, 2007, (6) : 110-115, 26.

[9]Sun Y, Cui Y. Evaluating the Coordinated Development of Economic, Social and Environmental Benefits of Urban Public Transportation Infrastructure: Case Study of Four Chinese Autonomous Municipalities[J]. Transport Policy, 2018, 66 : 116-126.

[10]王富喜. 山东半岛城市群人口-土地城镇化质量测度与协调发展研究[J]. 地理科学, 2020, 40(8) : 1345-1354.

[11]陈炳, 曾刚, 曹贤忠, 等. 长三角城市群生态文明建设与城市化耦合协调发展研究[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(3) : 530-541.

[12]傅利平, 刘凤, 孙雪松. 京津冀城市群公共服务与新型城镇化耦合发展研究[J]. 城市问题, 2020, (8) : 4-13.

[13]窦睿音, 张生玲, 刘学敏. 中国资源型城市“三生系统”耦合协调发展研究[J]. 统计与决策, 2021, 37(2) : 98-102.

[14]周京奎, 王文波, 张彦彦. “产业-交通-环境”耦合协调发展的时空演变——以京津冀城市群为例[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 2019, 51(5) : 118-134, 240.

[15]刘宾. 协同发展中提升区域创新能力路径探讨——以京津冀为例[J]. 理论探讨, 2021, (4) : 84-90.

[16]郑志丹. 京津冀协同发展背景下的金融聚集与经济收敛——京津冀城市群与长三角城市群的对比分析[J]. 技术经济, 2016, 35(7) : 103-111, 22.

[17]钟韵, 秦嫣然. 中国城市群的服务业协同集聚研究——基于长三角与珠三角的对比[J]. 广东社会科学, 2021, (2) : 5-15, 254.

[18]薛艳杰, 王振. 长三角城市群协同发展研究[J]. 社会科学, 2016, (5) : 50-58.

[19]姜旭, 卢新海. 长江中游城市群城镇化与人居环境耦合协调的时空的特征研究[J]. 中国土地科学, 2020, 34(1) : 25-33.

[20]马海涛, 卢硕, 张文忠. 京津冀城市群城镇化与创新的耦合过程与机理[J]. 地理研究, 2020, 39(2) : 303-318.

[21]孙威, 毛凌潇. 基于 CiteSpace 方法的京津冀协同发展研究演化[J]. 地理学报, 2018, 73(12) : 2378-2391.

[22]王少剑, 崔子恬, 林靖杰, 等. 珠三角地区城镇化与生态韧性的耦合协调研究[J]. 地理学报, 2021, 76(4) : 973-991.

[23]刘钊, 余明月. 长江经济带数字产业化与产业数字化的耦合协调分析[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(7) : 1527-1537.

-
- [24]滕堂伟, 孙蓉, 胡森林. 长江经济带科技创新与绿色发展的耦合协调及其空间关联[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(11): 2574-2585.
- [25]任保平, 杜宇翔. 黄河流域经济增长-产业发展-生态环境的耦合协同关系[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(2): 119-129.
- [26]戢晓峰, 谢世坤, 陈方. 旅游业-城市化-经济-交通复合系统的耦合协同演化机制——以云南省为例[J]. 旅游研究, 2020, 12(1): 1-18.
- [27]梁爽, 刁节文, 肖邦. P2P 网贷平台风险预测研究[J]. 运筹与管理, 2021, 30(1): 170-176.
- [28]Shuran L, Shujin L. Applying BP Neural Network Model to Forecast Peak Velocity of Blasting Ground Vibration[J]. Procedia Engineering, 2011, 26: 257-263.
- [29]张锦宗, 朱瑜馨, 李生明. ArcGIS 地统计分析在甘肃省人口空间分布研究中的应用[J]. 西北人口, 2010, 31(3): 91-94.
- [30]陈晓红, 娄金男, 王颖. 哈长城市群城市韧性的时空格局演变及动态模拟研究[J]. 地理科学, 2020, 40(12): 2000-2009.
- [31]李兰冰. 中国区域协调发展的逻辑框架与理论解释[J]. 经济学动态, 2020, (1): 69-82.