

湖南省数字经济与碳排放耦合及协调发展分析

颜丽城, 李洪毅*

吉首大学数学与统计学院, 湖南 吉首

收稿日期: 2025年9月22日; 录用日期: 2025年10月12日; 发布日期: 2025年10月24日

摘要

随着数字技术的飞速发展与全球低碳转型的深入推进, 数字经济与碳排放之间关联愈发密切, 二者协调发展是经济可持续发展的重要环节, 因此研究数字经济与碳排放协调发展, 对于推动二者实现良性互动、助力“双碳”目标以及经济高质量发展具有重要意义。本文以湖南省14个地级市为研究对象, 分别选取数字经济与碳排放的评价指标, 利用TOPSIS熵权法计算湖南省14个地级市的数字经济与碳排放综合得分, 通过计算出二者的耦合度和耦合协调度, 给出湖南省14个地级市耦合度及协调分布图。本文所获取的分析结果为湖南省相关部门制定数字经济与碳排放协同发展有关政策提供借鉴和指导。

关键词

数字经济, 碳排放, 莫兰指数, 耦合度模型, 耦合协调模型

Analysis on the Coupling and Coordinated Development of Digital Economy and Carbon Emission in Hunan Province

Licheng Yan, Hongyi Li*

School of Mathematics and Statistics, Jishou University, Jishou Hunan

Received: September 22, 2025; accepted: October 12, 2025; published: October 24, 2025

Abstract

With the rapid development of digital technology and in-depth global low-carbon transformation, the digital economy and carbon emissions have become increasingly interconnected. Their coordinated development is crucial for sustainable economic growth, so studying this topic is of great significance for promoting their positive interaction, advancing the “dual carbon” goals and achieving

*通讯作者。

文章引用: 颜丽城, 李洪毅. 湖南省数字经济与碳排放耦合及协调发展分析[J]. 统计学与应用, 2025, 14(10): 242-252.
DOI: 10.12677/sa.2025.1410301

high-quality economic development. Taking 14 prefecture-level cities in Hunan Province as research objects, this paper selects evaluation indicators for the digital economy and carbon emissions, uses the TOPSIS entropy weight method to calculate their comprehensive scores, and then computes the coupling degree and coupling coordination degree to present the distribution maps of these two indices for the 14 cities. The results provide references and guidance for relevant departments in Hunan Province to formulate policies on the coordinated development of the digital economy and carbon emissions.

Keywords

Digital Economy, Carbon Emission, Moran's I, Coupling Degree Model, Coupling Coordination Model

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着互联网技术的飞速迭代, 全球数字经济蓬勃发展, 成为推动各国经济增长和产业升级的关键力量, 与此同时, 在经济发展与低碳转型的背景下, 中国数字经济规模持续快速扩张, 面临着碳排放总量大、区域分布不均衡等问题, 这些问题不仅加重了生态环境的负担, 也阻碍“双碳”目标的实现。湖南省作为长江经济带的重要枢纽, 数字经济发展成果显著, 但碳排放空间失衡等问题仍较为突出, 部分地区碳排放强度过高, 数字经济发展与碳排放之间出现失衡, 这不仅加剧了区域经济与生态发展之间的矛盾, 还对产业结构调整造成阻碍, 增加了当地环境污染治理的难度, 因此, 深入探究湖南省数字经济发展对碳排放的影响机制, 对推动湖南经济与生态协调及实现经济的可持续发展具有重要意义。

关于数字经济与碳排放问题, 许多学者从不同角度、不同方法进行了研究。王芳和董战峰[1]基于省级面板数据, 建立计量模型, 就数字经济对碳排放的影响进行实证检验和机制分析。李从欣和刘佳源[2]基于 2012~2021 年我国 30 个省市的面板数据, 对数字经济碳减排效应及其作用机制进行实证研究。郝雨昕[3]选取了中国内地 30 个省市 2010~2021 年的样本数据, 在深入研究数字经济和碳排放的文献资料和理论机制的基础上, 系统地梳理了数字经济的发展程度和地区碳排放强度之间的内在联系。王晶晶[4]以中国地级市 2011~2021 年数据为样本构建数字经济发展与碳排放评价体系, 分析时空特征, 通过模型检验影响效应、空间溢出及路径, 探讨区域差异并提出对策, 李霄含[5]以中国 30 个省区市 2008~2021 年数据为样本, 讨论数字经济发展与交通运输碳排放强度的关联, 分析时空特征与区域差异, 通过空间杜宾模型及调节、中介效应模型探究影响及路径。关于数字经济和碳排放的更多研究见文献[6]-[9]。本文聚焦于湖南省各地级市从空间角度研究其数字经济与碳排放耦合及协调发展情况, 研究范围落脚于细分的地域单元, 能够更加精准把握区域差异性, 明晰关联特征。

2. 指标选取及数据来源

为探究湖南省数字经济与碳排放的耦合及协调发展情况, 选取其 14 个地级市作为研究对象, 并根据 14 个城市的分布划分为湘北、湘中、湘南及湘西四个区域, 具体见表 1。

借鉴陈海杨等[10]构建数字经济和碳排放的评价指标体系, 收集 2014~2022 年湖南省 14 个地级市数字经济与碳排放指标层数据, 数据来源于湖南省统计年鉴, EPS 数据库, 对于缺失的数据利用插值法补齐。

Table 1. Fourteen prefecture-level cities of Hunan Province and their distribution regions
表 1. 湖南省 14 个地级市及分布区域

区域	城市
湘北	岳阳、常德、益阳
湘中	长沙、株洲、湘潭、邵阳、娄底
湘南	郴州、永州、衡阳
湘西	怀化、张家界、湘西州

3. 基于 TOPSIS 熵权法的湖南省数字经济与碳排放综合得分

TOPSIS 熵权法是首先使用熵权法解决多指标权重分配问题，再通过综合评价整合多维度信息，最终以量化得分形式直观呈现评价对象的相对优劣。

3.1. 数字经济与碳排放评价指标体系及权重

利用熵权法计算出各准则层和指标层指标权重系数，见表 2 所示：

Table 2. The index system and weights of digital economy and carbon emissions
表 2. 数字经济与碳排放指标体系及权重

目标层	准则层	准则层权重	指标层	指标层权重
数字经济系统	数字基础设施 (y1)	0.1908	移动电话普及率(x1)	0.0345
			互联网宽带接入用户数量(x2)	0.0387
			人均互联网宽带接入端口(x3)	0.0379
			长途光缆线密度(x4)	0.0494
			信息传输、计算机服务和软件业从业人员占比(x5)	0.0303
	数字人才基础 (y2)	0.1849	规模以上工业企业 R&D 人员全时当量(x6)	0.0667
			普通高等学校本专科授予学位数(x7)	0.1182
	数字产业发展 (y3)	0.3286	快递业务收入(x9)	0.0543
			电信业务总量(x10)	0.0477
			交通运输、仓储和邮政业在岗职工年末人数(x11)	0.0478
			信息传输、软件和信息技术服务业法人单位数(x12)	0.1125
			规模以上信息传输、计算机服务和软件业生产总值(x13)	0.0663
	数字经济应用 (y4)	0.2957	交通运输、仓储和邮政业固定资产投资额(x14)	0.0681
			电子商务销售额(x15)	0.1295
			数字经济指数	0.0419
碳排放系统	人口碳排放(y5)	0.39	中国数字普惠金融指数(x16)	0.0562
			人均碳排放量(x17)	0.1974
			人均生活能源消耗量(x18)	0.1926
	经济碳排放(y6)	0.1505	单位 GDP 碳排放量(x19)	0.1505
			总碳排放量(x20)	0.1447
	能源碳排放(y7)	0.4595	能源消费总量(x21)	0.1335
			单位 GDP 能耗(x22)	0.1813

从表 2 可知数字经济准则层中数字产业发展权重占比最高，其次是数字经济应用、数字基础设施，占比最低是数字人才基础；碳排放准则层权重占比依次是能源碳排放、人口碳排放和经济碳排放。

3.2. TOPSIS 熵权法计算数字经济和碳排放综合得分

以数字经济及碳排放指标权重为基础，运用 TOPSIS 熵权法计算 2014~2022 年湖南省各地级市数字经济指标的综合得分及排名，具体结果见表 3。

Table 3. Comprehensive scores and rankings of digital economy in prefecture-level cities of Hunan Province (2014~2022)
表 3. 2014 年~2022 年湖南省各地级市数字经济综合得分及排名

城市	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	均值	总排名
长沙	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1
株洲	0.117	0.125	0.121	0.150	0.150	0.110	0.128	0.100	0.119	0.130	7
湘潭	0.151	0.118	0.106	0.093	0.107	0.065	0.094	0.067	0.072	0.102	10
衡阳	0.117	0.125	0.119	0.155	0.180	0.206	0.214	0.179	0.169	0.159	4
邵阳	0.216	0.192	0.192	0.205	0.211	0.193	0.173	0.129	0.100	0.182	3
岳阳	0.162	0.172	0.150	0.166	0.201	0.207	0.203	0.128	0.175	0.189	2
常德	0.127	0.128	0.119	0.141	0.182	0.149	0.163	0.129	0.160	0.149	6
张家界	0.058	0.066	0.039	0.037	0.041	0.031	0.022	0.016	0.014	0.039	14
益阳	0.046	0.064	0.048	0.055	0.079	0.058	0.085	0.063	0.052	0.060	12
郴州	0.134	0.111	0.133	0.142	0.223	0.168	0.188	0.110	0.118	0.150	5
永州	0.087	0.086	0.090	0.109	0.164	0.157	0.137	0.097	0.073	0.103	9
怀化	0.112	0.120	0.149	0.147	0.141	0.128	0.125	0.107	0.087	0.123	8
娄底	0.057	0.062	0.067	0.076	0.080	0.081	0.073	0.075	0.078	0.067	11
湘西州	0.053	0.042	0.064	0.067	0.093	0.076	0.096	0.020	0.018	0.059	13

从表 3 可以看出湖南省各地级市数字经济之间存在着明显差异，数字经济均值得分前三城市依次是长沙、岳阳、邵阳，说明这些城市数字经济水平发展较高，而湘西州、张家界的数字经济得分低，说明数字经济发展水平低，可能是地区经济发展较落后导致数字经济基础设施和人才等欠缺的原因。

基于表 1 区域划分方式对湖南省四大区域的城市的各年度数字经济得分求均值，绘制 2014 年~2022 年湖南四大区域数字经济发展的折线图：

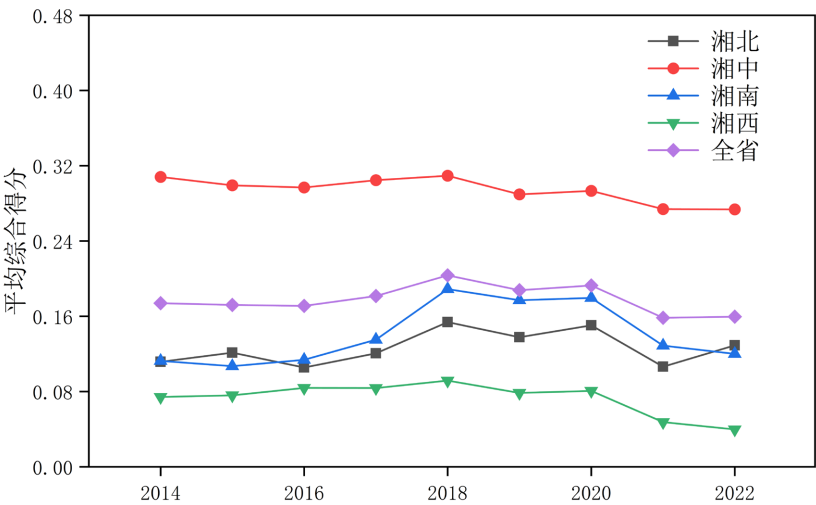


Figure 1. Line chart of comprehensive scores of digital economy in various regions of Hunan Province (2014~2022)
图 1. 2014 年~2022 年湖南省各区域数字经济综合得分折线图

从图 1 可知, 湘中地区数字经济发展水平最高, 而湘西地区发展水平最低, 数字经济水平整体上呈现中间高四周低趋势, 其中湘中地区数字经济水平高于全省平均水平, 而湘北、湘南和湘西地区都低于全省水平, 可能因为湘中地区是以长株潭城市群为中心, 具有政策、基建、产业、人才与区域协同等多重优势。

类似数字经济分析, 可得出 2014~2022 年湖南省各地级市碳排放指标的综合得分及排名如下表:

Table 4. Comprehensive scores and rankings of carbon emissions in prefecture-level cities of Hunan Province (2014~2022)
表 4. 2014 年~2022 年湖南省各地级市碳排放综合得分及排名

城市	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	均值	总排名
长沙	0.086	0.081	0.097	0.090	0.127	0.083	0.085	0.096	0.138	0.098	9
株洲	0.119	0.090	0.103	0.140	0.235	0.164	0.174	0.165	0.218	0.156	7
湘潭	0.507	0.454	0.453	0.484	0.581	0.637	0.687	0.727	0.816	0.594	3
衡阳	0.140	0.109	0.103	0.107	0.179	0.149	0.165	0.146	0.208	0.145	6
邵阳	0.089	0.083	0.075	0.080	0.146	0.097	0.087	0.098	0.118	0.097	10
岳阳	0.565	0.628	0.627	0.618	0.667	0.862	0.913	0.878	0.736	0.722	2
常德	0.131	0.124	0.105	0.123	0.226	0.184	0.189	0.221	0.289	0.177	5
张家界	0.002	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	14
益阳	0.118	0.114	0.112	0.133	0.228	0.165	0.181	0.196	0.243	0.166	8
郴州	0.257	0.219	0.210	0.210	0.296	0.253	0.253	0.263	0.332	0.255	4
永州	0.029	0.026	0.019	0.029	0.077	0.043	0.050	0.072	0.208	0.061	11
怀化	0.030	0.028	0.024	0.027	0.070	0.028	0.034	0.036	0.062	0.038	12
娄底	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.991	0.903	0.988	1
湘西州	0.008	0.004	0.003	0.006	0.019	0.006	0.008	0.009	0.021	0.009	13

从表 4 可以看出, 湖南省各地级市碳排放水平不均衡, 碳排放水平最高的城市是娄底, 最低是湘西州地区, 娄底、岳阳和湘潭碳排放水平都高于 0.5, 可能因为这些地区经济更加依赖于重工业等高碳排放产业, 而碳排放水平低的城市如长沙等可能更加依靠轻工业和服务业等低碳产业, 但如湘西州等低碳排放地区则是可能由于地区经济不发达, 工业发展水平低等原因导致。

根据表 4, 绘制 2014 年~2022 年湖南省四大区域碳排放水平变化趋势折线图如下:

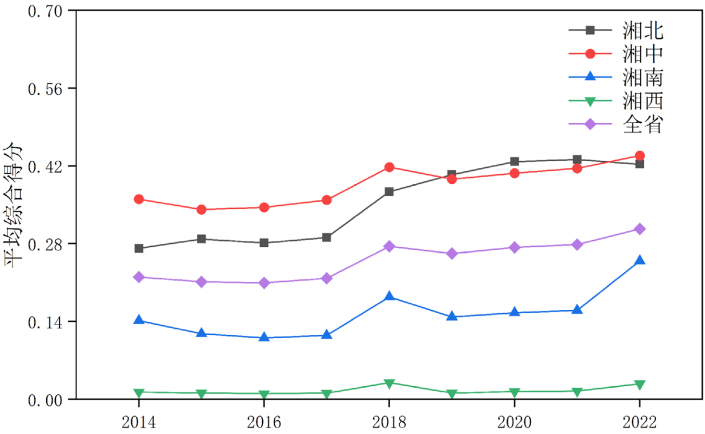


Figure 2. Comprehensive scores of carbon emissions in various regions of Hunan Province (2014~2022)

图 2. 2014 年~2022 年湖南省各地区碳排放综合得分

从图 2 可以看出湖南省全省和各地区碳排放水平整体呈现上升趋势, 湘中地区碳排放水平最高, 而湘西地区最低, 其中湘北和湘中地区碳排放水平均高于全省平均水平, 湘西和湘南地区均低于全省平均水平, 可能是由于地区经济发展不均和人口增长导致碳排放水平分布不均且整体呈现上升趋势。

4. 湖南省数字经济和碳排放耦合分析

耦合度是指各个系统或系统中各个指标之间的相互作用、相互影响程度, 耦合度越高代表要素之间的相互作用越强, 具体公式[11]如下:

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

其中 U_n 代表第 n 个系统所含指标通过 TOPSIS 熵权法计算出的指标的综合得分 W_j 之和, 本文研究指标为数字经济与碳排放两个系统。耦合度划分标准如下表 5:

Table 5. Classification standards for coupling degree
表 5. 耦合度划分标准

耦合度 C 值区间	耦合程度评价
[0, 0.4)	低水平耦合
[0.4, 0.6)	拮抗阶段
[0.6, 0.8)	磨合阶段
[0.8, 1]	高水平耦合

耦合度只能衡量单一系统下的要素或两个系统之间的影响情况, 并不能探究两系统间互动的协调效应, 两系统的耦合协调模型如下:

$$D = \sqrt{CT} = \sqrt{C \sum_{j=1}^m w_j U_j}, \quad (2)$$

其中 w_j 代表指标 j 所占的权重, C 表示两系统之间的耦合度, T 表示两个系统的指标的综合得分与对应权重系数相乘的数据相加得到的综合协调指数。

耦合协调度等级主要有“四分法”“六分法”“七分法”“十分法”等[12], 本文采用的是四分法, 见表 6:

Table 6. Classification standards for coupling coordination degree
表 6. 耦合协调度划分标准

耦合协调度 D 值区间	协调程度评价
[0, 0.4)	低度协调耦合
[0.4, 0.5)	中度协调耦合
[0.5, 0.8)	高度协调耦合
[0.8, 1]	极度协调耦合

4.1. 数字经济和碳排放耦合度分析

根据表 3, 表 4 中湖南省 14 个地级市 2014~2022 年数字经济和碳排放综合得分, 利用(1)式计算出数

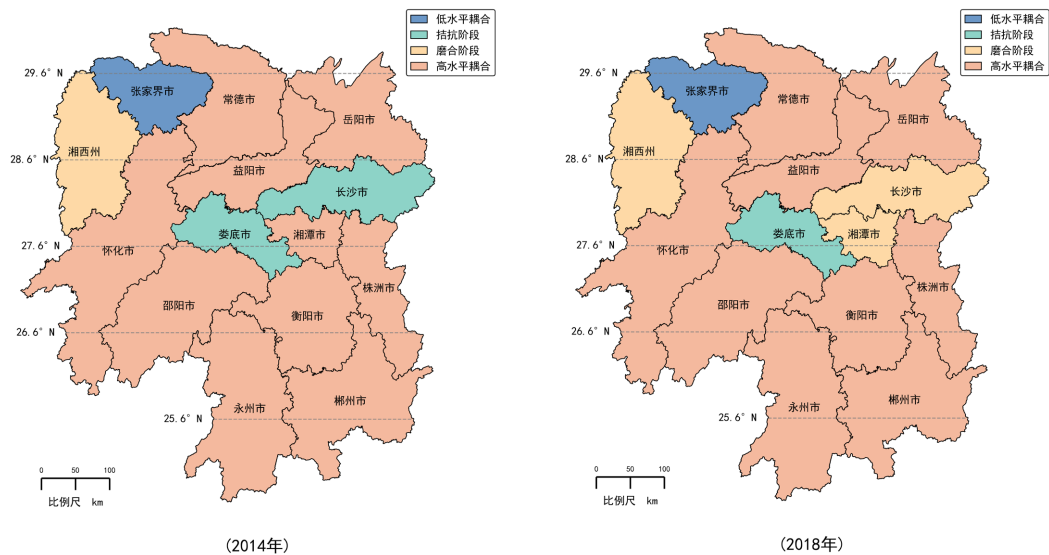
字经济与碳排放两个系统的耦合度，具体结果见表 7。

Table 7. Coupling degree between digital economy and carbon emissions in prefecture-level cities of Hunan Province (2014~2022)
表 7. 2014 年~2022 年湖南省各地级市数字经济与碳排放耦合度

城市	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	均值	排名
长沙	0.541	0.528	0.567	0.551	0.634	0.532	0.539	0.566	0.653	0.568	12
株洲	0.999	0.986	0.997	0.999	0.975	0.980	0.988	0.970	0.956	0.983	3
湘潭	0.841	0.809	0.785	0.735	0.725	0.581	0.651	0.555	0.545	0.692	10
衡阳	0.997	0.998	0.997	0.983	0.999	0.987	0.991	0.995	0.995	0.994	1
邵阳	0.910	0.918	0.899	0.899	0.983	0.943	0.944	0.991	0.996	0.943	5
岳阳	0.835	0.821	0.789	0.817	0.844	0.790	0.771	0.666	0.788	0.791	9
常德	0.995	0.999	0.998	0.998	0.994	0.994	0.997	0.965	0.957	0.989	2
张家界	0.359	0.404	0.529	0.265	0.252	0.297	0.354	0.400	0.424	0.365	14
益阳	0.903	0.961	0.915	0.910	0.874	0.876	0.933	0.858	0.762	0.888	6
郴州	0.949	0.944	0.974	0.981	0.990	0.980	0.989	0.913	0.879	0.955	4
永州	0.855	0.846	0.763	0.814	0.933	0.823	0.884	0.988	0.878	0.865	7
怀化	0.816	0.784	0.695	0.728	0.942	0.769	0.822	0.868	0.987	0.824	8
娄底	0.462	0.470	0.484	0.513	0.524	0.526	0.504	0.511	0.542	0.504	13
湘西州	0.666	0.555	0.422	0.549	0.753	0.513	0.527	0.931	0.998	0.657	11

表 7 展示了 2014~2022 年湖南省 14 个地级市数字经济与碳排放耦合情况。从均值来看，排名最高地区依次是衡阳、常德、株洲等地区，而张家界均值最低，其次是娄底、长沙等地区，各地区每年的耦合度数值存在一定波动，整体上不同城市的数字经济与碳排放耦合度呈现出显著的差异性。

基于耦合度划分标准表和表 7，将湖南省 14 个地级市数字经济与碳排放耦合情况划分为低水平耦合、拮抗阶段、磨合阶段和高水平耦合四个阶段。考虑到时间序列变化情况选取 2014 年、2018 年、2021 年和 2022 年四个时间截面，绘制耦合度阶段分布图如下：



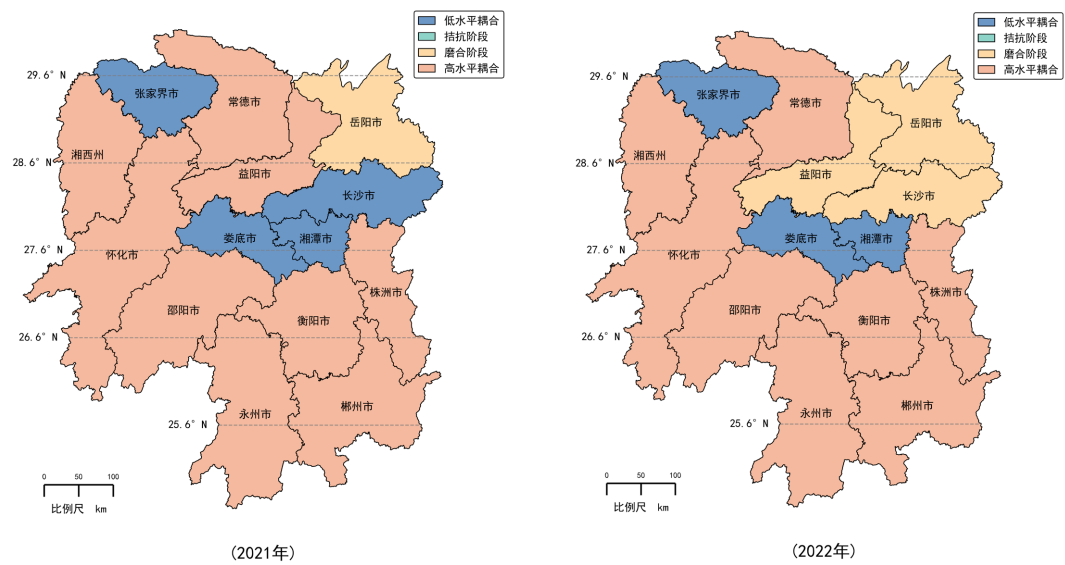


Figure 3. Distribution of the coupling degree between digital economy and carbon emissions among the 14 pre-fecture-level cities of Hunan Province
图 3. 湖南省 14 个地级市数字经济与碳排放耦合度分布

从图 3 可以看出, 湖南省地区数字经济和碳排放耦合度整体趋于稳定, 部分城市耦合度阶段上升如长沙市在 2014 年处于拮抗阶段, 2021 年处于低水平耦合阶段, 在 2022 年上升到磨合阶段, 可能由于数字经济的不断发展和相关碳排放治理成效; 还有部分城市呈现下降趋势如湘潭市在 2014 年处于高耦合水平阶段, 2018 处于磨合阶段, 2021 年和 2022 年处于低耦合水平阶段, 可能是因为重工业等高碳排放产业发展导致碳排放增加从而使得耦合度降低。

4.2. 数字经济与碳排放耦合协调发展分析

根据表 7 和(2)式可以计算出数字经济和碳排放耦合协调度, 具体结果见表 8。

Table 8. Coupling coordination degree between digital economy and carbon emissions in prefecture-level cities of Hunan Province (2014~2022)

表 8. 2014 年~2022 年湖南省各地级市数字经济与碳排放耦合协调度

城市	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	均值	排名
长沙	0.542	0.534	0.557	0.548	0.597	0.536	0.540	0.557	0.609	0.558	2
株洲	0.344	0.325	0.334	0.381	0.433	0.366	0.386	0.359	0.401	0.370	8
湘潭	0.526	0.481	0.468	0.460	0.499	0.452	0.504	0.470	0.492	0.484	4
衡阳	0.358	0.342	0.333	0.358	0.423	0.419	0.434	0.402	0.433	0.389	7
邵阳	0.373	0.355	0.346	0.358	0.419	0.370	0.351	0.335	0.330	0.360	9
岳阳	0.552	0.573	0.553	0.566	0.605	0.650	0.656	0.578	0.599	0.593	1
常德	0.358	0.355	0.335	0.363	0.450	0.407	0.419	0.411	0.463	0.396	6
张家界	0.103	0.118	0.105	0.071	0.073	0.069	0.063	0.059	0.056	0.080	14
益阳	0.273	0.292	0.270	0.293	0.366	0.312	0.352	0.333	0.336	0.314	10
郴州	0.431	0.394	0.408	0.416	0.507	0.454	0.467	0.412	0.445	0.437	5
永州	0.227	0.218	0.204	0.237	0.336	0.287	0.287	0.289	0.351	0.270	11
怀化	0.242	0.240	0.245	0.252	0.315	0.245	0.255	0.249	0.271	0.257	12
娄底	0.495	0.499	0.508	0.525	0.532	0.533	0.520	0.522	0.515	0.516	3
湘西州	0.143	0.113	0.119	0.142	0.206	0.145	0.166	0.116	0.139	0.143	13

从表 8 可知, 岳阳均值为 0.593 位居第一, 长沙紧随其后, 娄底位列第三, 往后依次为湘潭、郴州、常德、衡阳、株洲、邵阳、益阳、永州、怀化、湘西州、张家界, 其中张家界均值最低仅 0.080。其中, 大部分地区耦合协调度波动幅度较小, 且呈现上升趋势, 如长沙、岳阳等地区, 耦合协调度整体呈现出各地区的数字经济与碳排放协调发展水平不均衡。

根据表 6 中耦合协调度的划分标准, 绘制 2014 年、2018 年、2021 年和 2022 年湖南省 14 个地级市数字经济与碳排放耦合协调分布图。

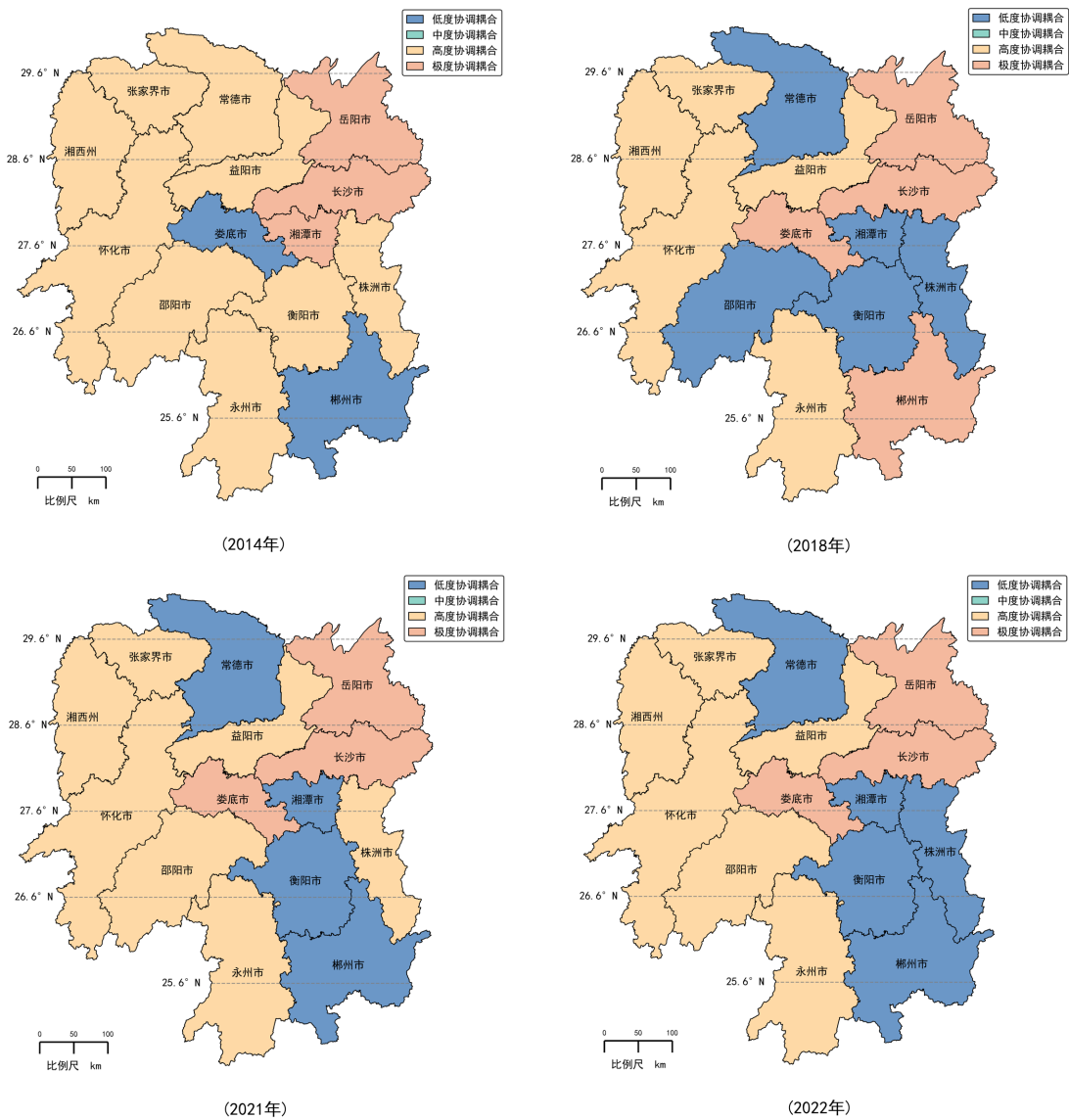


Figure 4. Distribution of the coupling coordination degree between digital economy and carbon emissions among the 14 prefecture-level cities of Hunan Province

图 4. 湖南省 14 个地级市数字经济与碳排放耦合协调度分布

从图 4 可以看出, 湖南省各地级市普遍处于高度协调耦合和低度耦合阶段, 大部分城市耦合协调阶段随着时间未发生变化, 部分城市呈现下降趋势如常德市、湘潭市等从 2014 年高度协调耦合到 2022 年低度协调耦合, 还有部分城市如娄底市等呈现上升趋势。

5. 结论与建议

本文以湖南省 14 个地级市为例, 研究湖南省各地级市数字经济与碳排放耦合及协调发展情况, 旨在为推动数字经济与低碳发展的深度融合、实现二者良性互动提供路径建议, 并为湖南省制定数字经济发展战略和碳减排政策。

5.1. 结论

基于对湖南省 14 个地级市数字经济与碳排放的耦合及协调发展分析, 湖南省各地级市在数字经济与碳排放协调发展方面呈现出明显的区域差异与动态变化特征。长沙市、岳阳市等城市长期处于极度协调耦合阶段, 数字经济与碳排放协同发展态势良好; 常德市、张家界市等多为高度协调耦合, 二者协调发展具备一定基础; 娄底市、郴州市等部分时段处于低度协调耦合, 数字经济与碳排放的协调发展存在短板。整体而言, 湖南省数字经济与碳排放的耦合协调发展与各地经济发展水平、资源环境等因素紧密相关, 且仍有部分城市存在发展不均衡情况。

5.2. 建议

(1) 高度协调型城市

高度协调型城市如长沙市、岳阳市等城市应该充分发挥其在数字经济与碳排放协调发展方面的引领作用, 一方面支持这些城市进一步加大数字技术研发投入, 推动数字经济向更高水平迈进; 另一方面加强与省内其他城市的合作交流, 分享其在数字经济赋能碳排放管控、促进绿色低碳发展方面的成功经验, 带动周边城市协同发展, 助力湖南“三高四新”战略中科技创新与绿色发展目标的实现。

(2) 低度协调型城市

低度协调型城市应精准补齐数字经济或碳排放领域的短板, 促进二者良性互动, 对于数字经济发展相对滞后的城市, 加大数字基础设施建设投入, 同时制定优惠政策吸引数字经济企业落户, 提升数字经济发展水平。在碳排放方面, 加快传统高耗能产业的转型升级, 推广清洁生产技术, 优化能源消费结构。此外, 加强与高度协调型城市的产业协作, 承接相关产业转移的同时, 借助其数字技术和低碳发展经验, 推动自身数字经济与碳排放的协调发展。

(3) 呈现下降趋势的城市

呈现下降趋势的城市需建立预警机制并及时调整发展路径, 首先应构建数字经济与碳排放协调发展的监测预警指标体系, 对相关指标进行实时跟踪与分析, 当指标出现异常下降趋势时, 及时发出预警; 其次, 深入剖析下降原因, 可针对性地引入数字经济创新项目或严格落实碳排放总量和强度双控制度; 最后, 结合湖南省整体发展战略, 调整城市发展规划, 确保数字经济与碳排放协调发展始终与全省“双碳”目标和经济高质量发展要求相契合, 实现可持续发展。

基金项目

2025 年度国家级大学生创新创业训练计划项目(202510531016)。

参考文献

- [1] 王芳, 董战峰. 数字经济对我国碳排放的影响——基于省级面板数据的实证检验[J]. 改革, 2023(3): 76-90.
- [2] 李从欣, 刘佳源. “双碳”战略背景下数字经济碳减排效应的实证研究[J]. 城市问题, 2024(12): 74-85.
- [3] 郝雨昕. 数字经济发展对碳排放的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西财经大学, 2024.
- [4] 王晶晶. 中国地级市数字经济发展对碳排放的影响研究[D]: [博士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2024.

- [5] 李霄含. 数字经济对交通运输碳排放强度的影响及其路径研究[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古财经大学, 2024.
- [6] 秦怡琳. 数字经济对区域碳排放效率的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2024.
- [7] 孙聪丽, 宋迎昌. 数字经济对城市碳排放强度的影响及其空间效应[J]. 江汉大学学报(社会科学版), 2025, 42(2): 92-105.
- [8] 金赛美, 苏乐言, 刘智. 数字经济对碳排放的非线性影响及空间效应——基于 273 个城市的实证分析[J]. 商学研究, 2025, 32(1): 105-116.
- [9] 余思怡. 中国数字经济发展对碳排放的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2025.
- [10] 陈海扬. 中国数字经济与碳排放时空耦合及障碍因子研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2024.
- [11] 丛晓男. 耦合度模型的形式、性质及在地理学中的若干误用[J]. 经济地理, 2019, 39(4): 18-25.
- [12] 刘军胜, 马耀峰. 基于发生学与系统论的旅游流与目的地供需耦合成长演化与驱动机制研究——以西安市为例[J]. 地理研究, 2017, 36(8): 1583-1600.