

城市数字治理评价体系构建与时空演变分析

江旭¹, 钱锦源²

¹杭州电子科技大学经济学院, 浙江 杭州

²中建八局第二建设有限公司华东公司工程管理部, 安徽 合肥

收稿日期: 2025年2月4日; 录用日期: 2025年2月24日; 发布日期: 2025年3月7日

摘要

近年来, 数字技术作为新时代发展变革的重要动力, 已然成为国家和地方政府推进治理体系和治理能力现代化的有力抓手。本文基于数字基础、数字政务、数字经济和数字民生4个维度构建城市数字治理水平评价指标体系, 运用组合赋权和GRA-TOPSIS法测度2013~2022年中国244个城市的数字治理水平。将我国划分为八大综合经济区, 从时间和空间维度剖析城市数字治理水平的异质性与动态演变特征。研究发现, 我国城市数字治理水平总体呈上升趋势, 东部沿海地区水平明显优于其他地区, 北部沿海地区次之, 东北地区发展较弱; 其次, 城市数字治理水平存在显著的区域差异, 且区域间差异大于区域内差异; 此外, 城际数字治理水平之间存在空间正相关性, 空间溢出效应短期内为负, 周边城市数字治理水平提升可能会在短期内对本市造成“虹吸效应”。

关键词

数字治理, 组合赋权, 评价模型, 时空演变

Evaluation System Construction and Spatial-Temporal Evolution Analysis of Urban Digital Governance

Xu Jiang¹, Jinyuan Qian²

¹School of Economics, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou Zhejiang

²Engineering Management Department, East China Company of China Construction Eighth Bureau Second Construction, Hefei Anhui

Received: Feb. 4th, 2025; accepted: Feb. 24th, 2025; published: Mar. 7th, 2025

Abstract

In recent years, digital technology, as an important driving force for development and change in the

new era, has become a powerful starting point for national and local governments to promote the modernization of governance system and governance capacity. Based on the four dimensions of digital foundation, digital government, digital economy and digital people's livelihood, this paper constructs the evaluation index system of digital governance level in China, and measures the digital governance level of 244 cities in China from 2013 to 2022 by using combination weighting and GRA-TOPSIS method. China is divided into eight comprehensive economic zones, and the heterogeneity and dynamic evolution characteristics of digital governance level in China are analyzed from the time and space dimensions. It is found that the level of digital governance in China is generally on the rise, and the level in the eastern coastal areas is obviously better than that in other regions, followed by the northern coastal areas, and the development in the northeast is weak; secondly, there are significant regional differences in the level of digital governance in China, and the regional differences are greater than the regional differences. In addition, there is a positive spatial correlation between inter-city digital governance levels, and the spatial spillover effect is negative in the short term. The improvement of digital governance level in surrounding cities may cause a "siphon effect" on this city in the short term.

Keywords

Digital Governance, Combinatorial Weighting, Evaluation System, Space-Time Evolution

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

随着当今社会数字化进程的不断加快,大数据、人工智能、云计算等先进数字技术进入加速迭代期,由5G和千兆光网构成的“双千兆”网络,正在全面推动智能制造、智慧城市、乡村振兴及文化旅游等多个领域的繁荣发展,为打造制造强国、网络强国及数字中国奠定了坚实基础并提供了有力保障[1]。2022年6月,国务院明确提出需构建一个能够与国家治理体系和治理能力现代化要求相契合的数字政府体系架构,旨在达成“整体协同、敏捷高效、智能精准、开放透明、公平普惠”的数字治理[2]。截至2024年6月,我国网民数量接近11亿人,互联网的总体普及率也已攀升至78.0%,更多人群接入互联网,共享数字时代的便捷和红利[3]。不少学者就如何构建有效的数字治理体系、提升数字治理能力做出了研究,但研究方法单一、研究内容片面以及研究对象不够丰富,存在一定的局限。对于如何科学准确地评价数字治理水平,提升数字治理效能,仍需要进一步深入研究和探讨。鉴于此,本文拟从数字基础、数字政务、数字经济、数字民生维度构建综合评价模型,并测度中国部分城市的数字治理水平,探讨数字治理水平的区域差异、空间相关性以及动态演进情况,以期评价方法选取、提升数字治理水平提供科学的决策支持。

2. 研究设计

2.1. 数据来源

本文选取2013~2022年中国244个城市作为研究样本。数据主要来自《中国城市统计年鉴》《中国科技统计年鉴》、各省市统计年鉴、各市年度政府工作报告、各省国民经济和社会统计公报,结合国家统计局、各省市统计局、各省市人民政府官网等政府部门官方网站,部分数据通过EPS全球统计数据平台等数字途径获取。少量数据缺失的样本运用插值法增补,对于数据缺失严重的样本予以剔除。

2.2. 研究方法

2.2.1. 熵值法

熵权法是一种运用在评价指标体系中的客观赋权方法[4]。根据信息论的基本原理, 信息被视为衡量系统有序程度的一种量度, 而熵则作为衡量系统无序程度的量度, 可以利用熵值来有效评估某一指标的离散程度。

(1) 指标数据无量纲化处理

对于正向指标:

$$u_{ij}^+ = \frac{x_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} X_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq n} X_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} X_{ij}} \quad (1)$$

对于负向指标:

$$u_{ij}^- = \frac{\max_{1 \leq i \leq n} X_{ij} - x_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq n} X_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} X_{ij}} \quad (2)$$

(2) 计算第 i 个指标的标准差 σ_j

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (u_{ij} - \bar{u}_j)^2}{m-1}} \quad (3)$$

(3) 计算冲突性量化指标 f_j

f_j 表示指标 j 与其余指标冲突性大小:

$$f_j = \sum_{i=1}^m (1 - r_{ij}) \quad (4)$$

r_{ij} 表示指标 i 与指标 j 之间的相关系数:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^m (u_{li} - \bar{u}_i)(u_{lj} - \bar{u}_j)}{\sqrt{\sum_{l=1}^m (u_{li} - \bar{u}_i)^2 \sum_{l=1}^m (u_{lj} - \bar{u}_j)^2}}, \quad i \neq j \quad (5)$$

(4) 计算指标信息量 T_j

$$T_j = \sigma_j f_j \quad (6)$$

(5) 计算权重 w_j

$$w_j = \frac{T_j}{\sum_{j=1}^n T_j} \quad (7)$$

2.2.2. CRITIC 法

CRITIC 法是一种客观赋权法[5]。其基本思路是围绕对比强度和冲突性来确定指标的客观权重。对比强度指的是在同一指标下, 各评价对象取值之间的差异程度, 该差异程度通常利用标准差来进行量化衡量。评价指标之间的冲突性则是以相关性为基础, 相关性越大, 表明指标间独立性越低, 即冲突性越低。

(1) 指标数据无量纲化处理

对于正向指标:

$$u_{ij}^+ = \frac{x_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} X_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq n} X_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} X_{ij}} \quad (8)$$

对于负向指标:

$$u_{ij}^- = \frac{\max_{1 \leq i \leq n} X_{ij} - x_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq n} X_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} X_{ij}} \quad (9)$$

(2) 计算指标比重 p_{ij}

$$p_{ij} = \frac{u_{ij}}{\sum_{i=1}^n u_{ij}} \quad (10)$$

(3) 计算信息熵冗余度 g_j

$$g_j = 1 + \frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (11)$$

(4) 计算指标权重 w_j

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (12)$$

2.2.3. 线性组合确权

本文采用一种求解线性规划的方法建立组合赋权模型, 旨在将上述两种方法得到的权重进行有机整合, 从而确定出最优的组合权重[5], 具体步骤如下:

(1) 构建组合权重向量 W

$$W = \alpha W_1 + \beta W_2 = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{21} \\ \vdots & \vdots \\ w_{1n} & w_{2n} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix} \quad (13)$$

式中, W_1 为 CRITIC 法求得权重向量, W_2 为熵权法求得权重向量, W 为组合权重; α 、 β 为线性组合系数。

(2) 建立目标函数

$$\begin{aligned} \min & \left(\|W - W_1\|_2^2 + \|W - W_2\|_2^2 \right) \\ \text{s.t.} & \alpha + \beta = 1, \alpha, \beta > 0 \end{aligned} \quad (14)$$

(3) 求解线性组合系数 α 、 β

对目标函数求关于 α 的一阶导数, 解方程得到最后组合系数:

$$\begin{cases} \alpha = 0.5 \\ \beta = 0.5 \end{cases} \quad (15)$$

(4) 得到最优组合权重 W

$$W = 0.5W_1 + 0.5W_2 \quad (16)$$

2.2.4. GRA-TOPSIS 综合评价法

(1) 数据标准化处理

由 m 个待评价对象和 n 个评价指标构造初始评价矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$, 并对指标进行标准化处理, 得到标准化评价矩阵 $Y = (y_{ij})_{m \times n}$ 。

(2) 确定各评价指标的权重

$$w = \{w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_n\} \quad (17)$$

(3) 计算加权评价矩阵

$$Z_{ij} = w_j \times y_{ij} \quad (18)$$

(4) 计算加权评价矩阵的正负理想解

$$Z_j^+ = \left\{ \max_{1 \leq i \leq m} Z_{ij} \mid j \in P; \min_{1 \leq i \leq m} Z_{ij} \mid j \in N \right\} \quad (19)$$

$$Z_j^- = \left\{ \min_{1 \leq i \leq m} Z_{ij} \mid j \in P; \max_{1 \leq i \leq m} Z_{ij} \mid j \in N \right\} \quad (20)$$

其中, P 为正向指标, N 为负向指标。

(5) 计算各评价对象到正负理想解的欧式距离

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (21)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (22)$$

(6) 计算各评价对象与正负理想解的灰色关联度

$$\Delta_{ij}^+ = |y_{ij} - y_j^+| \quad (23)$$

$$\Delta_{ij}^- = |y_{ij} - y_j^-| \quad (24)$$

(7) 计算各评价对象与正负理想解的灰色关联系数

$$\xi_{ij}^+ = \left(\min_i \min_j \Delta_{ij}^+ + \rho \max_i \max_j \Delta_{ij}^+ \right) / \left(\Delta_{ij}^+ + \rho \max_i \max_j \Delta_{ij}^+ \right) \quad (25)$$

$$\xi_{ij}^- = \left(\min_i \min_j \Delta_{ij}^- + \rho \max_i \max_j \Delta_{ij}^- \right) / \left(\Delta_{ij}^- + \rho \max_i \max_j \Delta_{ij}^- \right) \quad (26)$$

式中, ρ 为分辨系数, $0 < \rho < 1$, 一般取 0.5。

(8) 计算各评价对象与正负理想解的灰色关联度

$$r_i^+ = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n \xi_{ij}^+ \quad (27)$$

$$r_i^- = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n \xi_{ij}^- \quad (28)$$

(9) 对欧式距离和灰色关联度分别进行无量纲化处理

$$D_i^+ = \frac{d_i^+}{\max_{1 \leq i \leq m} d_i^+}, \quad D_i^- = \frac{d_i^-}{\max_{1 \leq i \leq m} d_i^-} \quad (29)$$

$$R_i^+ = \frac{r_i^+}{\max_{1 \leq i \leq m} r_i^+}, \quad R_i^- = \frac{r_i^-}{\max_{1 \leq i \leq m} r_i^-} \quad (30)$$

(10) 计算各评价对象到正负理想解的综合距离

$$H_i^+ = \alpha R_i^+ + \beta D_i^- \tag{31}$$

$$H_i^- = \alpha R_i^- + \beta D_i^+ \tag{32}$$

其中, $0 \leq \alpha, \beta \leq 1$ 且 $\alpha + \beta = 1$, α 和 β 分别代表了对于形态与距离的不同偏好程度, 本文取值 0.5。

(11) 计算相对贴近度

$$L_i = \frac{H_i^+}{H_i^+ + H_i^-} \tag{33}$$

2.3. 评价指标体系

评价指标体系需要以理论为基础、政策为导向、现实为依据建立。理论研究方面依据政府工作报告, 以及学者关于数字治理的内涵界定以及指标体系的研究, 参考中国经济信息社数字经济研究中心发布的《中国城市数字治理报告(2020)》等研究成果; 政策方面主要依据我国近年针对数字治理理论、先进科学技术融合以及“互联网+政务”运行模式提出的政策文件; 现实方面结合科学性、有效性与可获得性筛选具体评价指标。遵循以上依据选取数字基础、数字政务、数字经济和数字民生 4 个一级指标, 选出 11 个二级指标和 20 个三级指标, 见表 1。

Table 1. Three-level index weights based on entropy weight and CRITIC method

表 1. 基于熵权-CRITIC 法的三级指标权重

一级指标	二级指标	三级指标	属性	指标权重
数字基础	信息化基础	人均电信业务总量	+	0.0299
		信息化从业人员数	+	0.0784
	互联网发展	每百人移动电话用户数	+	0.0203
		每百人互联网用户数	+	0.0307
数字政务	数字政策	是否被定为智慧城市试点(试点赋值 1, 否则赋值 0)	+	0.1443
	数字关注度	政府年度工作报告中数字治理相关词频占比	+	0.0314
		公众百度搜索“数字化”关键字的百度指数	+	0.0786
	政务公开	地方政府财政透明度指数	+	0.0446
数字经济	数字产业	人工智能企业数量	+	0.0724
		北京大学数字普惠金融指数	+	0.0425
	数字科技创新	科技支出占地方一般公共预算支出的比重	+	0.0425
		数字经济相关专利数	+	0.0688
数字民生	数字社保	失业保险参保率	+	0.0354
		城镇基本养老保险参保率	+	0.0366
	数字教育	教育支出占地方一般公共预算支出的比重	+	0.0397
		普通高等学校数量	+	0.0924
	数字医疗	城镇职工基本医疗保险参保率	+	0.0452
		每万人卫生机构床位数	+	0.0268
	数字环境治理	生活垃圾无害化处理率	+	0.0232
		工业二氧化硫排放量	-	0.0163

(1) 数字基础

数字技术创新的有效应用离不开组织内部及其所属生态系统中的数字基础设施建设与完善。同样地, 数字治理的发展也需要依靠坚实的数字设施作为其创新应用的物理支撑和基础[6]。本文中数字基础方面选取信息化基础和互联网发展两大二级指标, 其中, 电信业务规模指标旨在反映城市的信息化、数字化方面的发展状况; 信息化人力资本指标旨在反映该城市从事信息传输、软件和信息技术服务的人数占比情况; 移动电话普及率指标用于体现该城市中个人拥有和使用移动电话的普遍程度; 互联网普及率指标用于衡量该城市中个人使用互联网的广泛程度。

(2) 数字政务

数字政务是近年来各级政府工作报告中的重点推进任务, 对于推动政府职能转变具有重要意义。它的主要目标是强化信息共享机制, 对政务服务流程进行优化升级, 以此推动政务服务改革创新取得更为显著的成效。本文中数字政务方面选取信息化基础和互联网发展两大二级指标。首先, 通过梳理数字治理相关研究可知, 智慧城市建设依靠数字技术提升城市治理水平, 是数字治理建设的重要组成部分。本文参考杨燕(2024) [7]的做法将是否纳入智慧城市试点来衡量数字政策实施水平。

特别地, 通过梳理现有文献可知, 治理的主体不仅指政府, 还包括民众的参与和互动。为了量化评估公众与政府两个层面的数字治理水平, 本文引入政府数字关注度和公众数字关注度作为衡量指标[8]。公众数字化治理层面, 参考已有文献[9] [10]构建以“数字化”作为关键词的百度指数来衡量公众数字治理关注度。在政府数字化治理领域, 政府工作报告是决策者于特定时段内注意力资源配置状况的反映。其中, 特定关键词的频次揭示了注意力的强度。本文结合了定性与定量的研究方法, 运用文本分析法对政府工作报告进行挖掘。具体地, 首先搜集 244 个城市 2013~2022 年政府工作报告, 参照文献归纳整理出有关数字治理的关键词汇: 数字政府、数字经济、智慧城市、政务平台、大数据、人工智能、数字金融、移动互联网等, 统计并分析政府报告中与数字治理相关词汇的出现频次, 并进一步计算这些词汇在报告总词数中所占的具体比例。

最后, 政务公开作为政府信用建设的关键组成部分, 对于增强政府公信力具有显著效果, 并能有效提升公众的治理参与水平。本研究借鉴清华大学公共管理学院发布的中国市级政府财政透明度研究报告, 采用政府财政透明度指数作为评估政府信息透明度的量化指标。

(3) 数字经济

数字经济是世界各国实现高质量发展和竞争力提升的新引擎, 数字经济也是数字治理水平在国民经济领域的重要体现。本文中数字经济方面选取数字产业和数字科技创新两大二级指标。首先, 本文选择用各市人工智能企业数量来衡量人工智能发展水平[11] [12], 通过在天眼查搜索人工智能企业, 当企业经营范围涉及芯片、图像识别、计算机视觉、语音识别、传感器等与人工智能相关的关键词时, 将企业界定为人工智能企业, 以便深入了解不同区域在人工智能领域的企业发展状况。数字普惠金融指数由北京大学组织编纂, 用以衡量一个国家或地区数字普惠金融发展水平的重要标尺。其次, 数字科技创新。科技支持水平选用科技支出占地方一般公共预算支出的比重来衡量, 以此体现政府在推动数字科技创新方面的投入力度。鉴于数字经济发明专利不仅技术含量高, 而且富有创造性, 更能有效反映一个城市的数字创新能力, 因此, 本文选择以数字经济发明专利作为描述城市创新产出水平的指标。

(4) 数字民生

将数字技术深度融入民众日常生活中, 通过运用数字治理手段, 我们能够为公共生活服务打造集一体化、高效能于一体的数字化基础设施体系。此举措目的在于优化各类公共服务供给环境, 进而实现全方位的数字化公共服务体系。这对于推动数字治理建设进程及加强数据的有序共享而言, 均具有至关重要的意义[13]。就业是最大的民生, 本文利用失业保险参保率来衡量就业保障水平, 城镇基本养老保险参

保率来衡量社会保障水平。其次, 推动教育公平与提升教育质量构成了教育发展的两大核心内容, 本文利用教育支出占地方一般公共预算支出的比重来衡量普通高等学校数量, 用普通高等学校数量来衡量教育发展水平。此外, 数字医疗的发展以强化医疗卫生健康服务能力为宗旨, 致力于深化信息技术与医疗健康领域的融合, 本文利用城镇职工基本医疗保险参保率来衡量医疗保障水平, 每万人卫生机构床位数来衡量基础医疗设施。最后, 数字治理中, 生态环境治理水平同样占据重要地位。本文利用生活垃圾无害化处理率来衡量垃圾无害化, 工业二氧化硫排放量来衡量环境污染程度。

3. 结果分析

3.1. 测度结果

Table 2. Comprehensive score of urban digital governance level in some major years

表 2. 部分主要年份城市数字治理水平综合得分

排名	2013 年		2016 年		2019 年		2022 年	
	地区	得分	地区	得分	地区	得分	地区	得分
1	北京	0.6049	北京	0.6331	北京	0.6647	北京	0.7184
2	上海	0.5777	广州	0.5859	广州	0.6160	上海	0.6653
3	广州	0.5660	上海	0.5847	上海	0.6108	广州	0.6509
4	武汉	0.5479	武汉	0.5667	深圳	0.5954	深圳	0.6426
5	杭州	0.5411	成都	0.5634	武汉	0.5846	杭州	0.6216
6	深圳	0.5395	杭州	0.5564	杭州	0.5820	成都	0.6117
7	济南	0.5391	深圳	0.5554	成都	0.5794	武汉	0.6093
8	成都	0.5384	济南	0.5548	南京	0.5748	南京	0.5992
9	南京	0.5382	南京	0.5482	天津	0.5621	天津	0.5987
10	天津	0.5332	天津	0.5453	重庆	0.5601	郑州	0.5903
11	重庆	0.5320	重庆	0.5442	郑州	0.5595	合肥	0.5900
12	郑州	0.5277	沈阳	0.5381	苏州	0.5586	重庆	0.5891
13	长沙	0.5261	合肥	0.5380	合肥	0.5546	苏州	0.5877
14	合肥	0.5244	郑州	0.5368	长沙	0.5524	长沙	0.5784
15	沈阳	0.5219	长沙	0.5345	济南	0.5491	济南	0.5784
16	苏州	0.5202	苏州	0.5333	昆明	0.5438	青岛	0.5656
17	石家庄	0.5189	石家庄	0.5300	沈阳	0.5433	沈阳	0.5613
18	珠海	0.5185	南昌	0.5294	南昌	0.5425	南昌	0.5593
19	昆明	0.5175	昆明	0.5282	福州	0.5412	福州	0.5589
20	南昌	0.5170	哈尔滨	0.5273	青岛	0.5389	哈尔滨	0.5582
均值	全国	0.3997	全国	0.4353	全国	0.4435	全国	0.4548

由于篇幅有限, 本文仅列举部分主要年份城市数字治理水平综合得分, 见表 2。从整体情况来看,

2013~2022 年中国城际数字治理水平表现出稳步提升的趋势, 全国数字治理水平均值从 2013 年的 0.3997 上升至 2022 年的 0.4548, 进步明显。具体来看, 北京的数字治理水平始终居于首位; 此外, 上海和广州也能够稳定在前三; 武汉、杭州和深圳等也分别在部分年份挺进前五, 说明以上城市作为主要城市群的核心城市, 其数字治理水平与经济发展程度相适应, 一定程度上证明了本次测度的准确性。

经过进一步测算, 城市数字治理水平一级指标的得分变化情况见图 1。总体来说, 四个子系统历年得分均呈现上升趋势。其中, 数字政务表现尤为突出, 占据主导地位且提升显著, 这充分显示出政府在经济调节、市场监管等方面所做出的积极努力, 以及数字化手段在提升加强社会治理及公共服务等多个关键领域所发挥的重要作用, 政务服务领域中的数字化履职能力呈现出明显的增强态势。数字基础虽然起始得分较高, 但增长相对平缓, 这成为制约数字治理水平进一步提升的短板。数字经济则稳步前进, 这提示我们需要持续对产业数字化的发展政策与相关法律法规进行完善, 进一步加速企业数字化的步伐。同时, 应通过数字化的普及, 积极推动协调与共享发展, 努力缩小地区间的发展差异, 确保发展红利能够惠及更广泛的人群。数字民生在波动中逐渐上升, 这要求我们致力于构建数字文明的新形态, 推动数字教育、数字医疗等领域的普惠性发展, 让更多人享受到数字化带来的便利与福祉。因此, 在未来的发展过程中, 我们需要更加重视数字基础设施的建设, 为数字治理的全面提升奠定坚实基础, 加大数字人才培养力度。

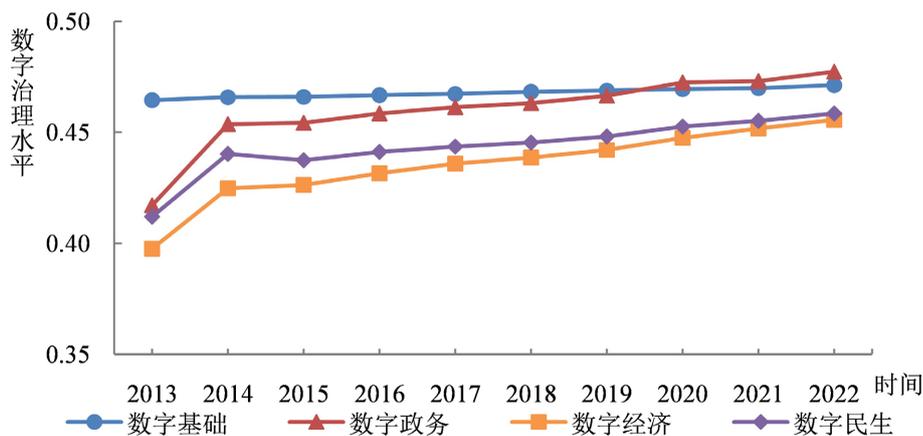


Figure 1. Change of the score of the first-level index of urban digital governance level
图 1. 城市数字治理水平一级指标得分变化

3.2. 空间自相关分析

进一步采用 Stata 软件对 2013~2022 年我国 244 个城市的数字治理水平进行全局空间相关性分析, 计算各年度中国城市数字治理水平的全局 Moran 指数。结果如表 3 所示。

Table 3. Global Moran index on the level of digital governance in Chinese cities 2013~2022
表 3. 2013~2022 年中国城市数字治理水平的全局 Moran 指数

年份	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Moran's I	0.012	0.008	0.009	0.009	0.009	0.010	0.011	0.012	0.012	0.013
Z 值	2.676	2.152	2.288	2.198	2.274	2.435	2.593	2.770	2.829	2.890
P 值	0.007	0.031	0.022	0.028	0.023	0.015	0.010	0.006	0.005	0.004

由测算结果可知, 在考察期内, 我国数字治理水平的 Moran 指数均在 5% 的水平下呈正向显著性, 这说明我国数字治理水平在空间上存在明显的正相关关系, 即数字治理水平较高的地区往往与水平较高的地区相邻, 反之亦然。总体来看, 在样本期内, 我国数字治理水平的空间聚集效应呈现出增强的趋势。

3.3. 动态演变分析

为了更加深入揭示数字治理水平的内部转移方向及其位置变动的具体特征, 本文引入 Markov 转移概率矩阵, 采用四分位数作为状态划分的基准, 将数字治理水平的状态划分为以下四个区间: [0.3001, 0.3398] 对应低水平(I)、[0.3398, 0.4953] 对应中低水平(II)、[0.4953, 0.5075] 对应中高水平(III)、[0.5075, 0.7184] 对应高水平(IV)。在此基础上进行 Markov 转移概率矩阵的精确计算, 进一步分析预测数字治理水平的动态发展趋势。

3.3.1. 传统 Markov 链分析

根据表 4 测算结果可知, Markov 转移概率矩阵的特点在于其对角线元素始终占据优势, 即大于非对角线元素, 这揭示了城市数字治理水平在一年时间跨度内保持稳定的趋势。这表明数字治理水平的各个等级之间相对稳定, 呈现出“俱乐部趋同”的现象(流动性弱且持续性强)。此外, 通过观察 Markov 转移概率矩阵的对角线元素, 可以发现其后端元素(代表中高水平和高水平等级的城市)的值大于前端元素(代表低水平和中低水平等级的城市), 表明处于中高水平和高水平等级的城市在维持其原有等级的概率相对较高。然而, 在低水平和中低水平等级下仍有“跳跃式”向上转移的可能。

Table 4. Markov transition probability matrix of urban digital governance level

表 4. 城市数字治理水平的马尔科夫转移概率矩阵

	I	II	III	IV	观测值
I	0.7244	0.2525	0.0231	0.0000	606
II	0.0763	0.7417	0.1800	0.0020	511
III	0.0000	0.0363	0.8080	0.1557	578
IV	0.0000	0.0000	0.0220	0.9780	501

与此同时, 不同等级的城市在数字治理水平上的进步速度各异, 这充分表明, 数字治理水平的提升之路并非一帆风顺, 而是一个动态变化的过程, 不同等级的城市在发展进程中遇到的难题和挑战也各不相同。此外, 数字治理水平存在着一定的等级下滑风险, 随着数字治理水平等级的不断攀升, 其向下转移的概率也会相应地有所降低。各个城市应当高度警惕数字治理水平等级下滑的风险, 积极采取有效的措施来预防建设成果的倒退, 全力巩固当前的发展成果, 并不断地追求等级的提升。

3.3.2. 空间 Markov 链分析

由表 3 可知, 2013~2022 年中国城市数字治理水平存在显著的空间正相关。为了更全面地分析需将空间因素纳入考量, 构建空间 Markov 转移概率矩阵, 见表 5。可以观察到在不同空间滞后类型下, 四个转移概率矩阵均呈现出明显的差异。其次, 在各种不同的空间滞后类型条件下, 所对应的转移概率矩阵均展现出一个共同特点, 即对角线上的元素值均大于非对角线上的元素值, 进一步证明, 即便存在空间溢出效应, 数字治理水平的“等级锁定”现象依然十分明显。此外, 对角线的两侧都存在着非零的元素, 意味着数字治理水平存在不稳定性。

Table 5. Spatial Markov transition probability matrix
表 5. 空间马尔科夫转移概率矩阵

滞后类型	$t/(t+1)$	I	II	III	IV	观测值
I	I	0.6406	0.2813	0.0781	0.0000	64
	II	0.1429	0.5714	0.2857	0.0000	14
	III	0.0000	0.1667	0.6667	0.1667	6
	IV	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	15
II	I	0.7370	0.2443	0.0188	0.0000	479
	II	0.0866	0.7252	0.1856	0.0025	404
	III	0.0000	0.0351	0.8180	0.1469	456
	IV	0.0000	0.0000	0.0184	0.9816	381
III	I	0.8000	0.2000	0.0000	0.0000	30
	II	0.0417	0.7083	0.2500	0.0000	24
	III	0.0000	0.0444	0.8667	0.0889	45
	IV	0.0000	0.0000	0.0250	0.9750	40
IV	I	0.6364	0.3636	0.0000	0.0000	33
	II	0.0145	0.8841	0.1014	0.0000	69
	III	0.0000	0.0282	0.7183	0.2535	71
	IV	0.0000	0.0000	0.0462	0.9538	65

进一步深入分析发现, 不同的滞后类型对同一等级的影响存在差异。对于不同等级的区域来说, 同一种滞后类型所带来的影响也有所区别。这表明, 在确定转移概率时, 必须全面考虑滞后类型所带来的各种影响, 还需要兼顾数字治理水平的初始等级影响。

3.4. 区域异质性分析

Table 6. Sources and contributions of urban digital governance level differences
表 6. 城市数字治理水平差异来源及贡献

年份	总体基尼系数	区域内		区域间		超变密度	
		基尼系数	贡献率(%)	基尼系数	贡献率(%)	基尼系数	贡献率(%)
2013	0.1234	0.0163	13.2004	0.0228	18.5110	0.0842	68.2887
2014	0.1105	0.0144	13.0162	0.0215	19.4559	0.0746	67.5279
2015	0.1109	0.0145	13.0676	0.0224	20.1997	0.0740	66.7327
2016	0.1083	0.0141	13.0483	0.0219	20.2050	0.0723	66.7467
2017	0.1078	0.0140	13.0098	0.0225	20.8361	0.0713	66.1541
2018	0.1084	0.0140	12.9624	0.0223	20.5528	0.0720	66.4848
2019	0.1068	0.0139	12.9755	0.0224	21.0002	0.0705	66.0244
2020	0.1065	0.0138	12.9329	0.0232	21.8214	0.0695	65.2457
2021	0.1076	0.0139	12.9124	0.0231	21.4215	0.0707	65.6661
2022	0.1070	0.0138	12.8828	0.0232	21.7111	0.0700	65.4061
均值	0.1097	0.0143	13.0008	0.0225	20.5715	0.0729	66.4277

为了更深入地探究差异的来源以及所占比例, 本文将我国城市划分为八大综合经济区, 采用 Dagum 基尼系数分解法, 对总体以及各个经济区域的差异来源和相应占比进行详尽分析和探讨, 见表 6。在地区相同年份不同的前提下, 相应的数字治理水平得分也不尽相同。与此同时, 综合考虑样本间交叉重叠、子样本实际分布状况等问题, 更加准确地对地区差异溯源[14]-[16]。

从整体分析, 研究期间内中国八大综合经济区数字治理水平对应 Dagum 基尼系数呈现波动下降态势; 从 2013 年的 0.1234 降低至 2022 年的 0.1070, 各地区数字治理水平的差异不断缩小, 表明区域数字治理发展不均衡现象有所缓解, 具有明显的趋同之势。

从差异的来源分析, 2013~2022 年期间, 八大综合经济区内差异、区域间差异以及超变密度的贡献率均值分别为 13.0008%、20.5715% 和 66.4277%。观察图 2 可知在样本观测期内, 超变密度对总体差异的贡献率始终保持在 65% 以上, 超过了组内差异和组间差异的总贡献率。这说明中国城市数字治理水平的空间差异主要源于八大综合经济区的超变密度。超变密度是指在划分子群体时, 由于交叉项的存在而对总体差异所做出的贡献, 它有助于我们识别和分析地区间存在的交叉重叠现象。因此, 经济区间交叉重叠部分是造成研究期间内我国区域数字治理水平空间差异的主导因素, 其次是经济区间差异、经济区内差异。

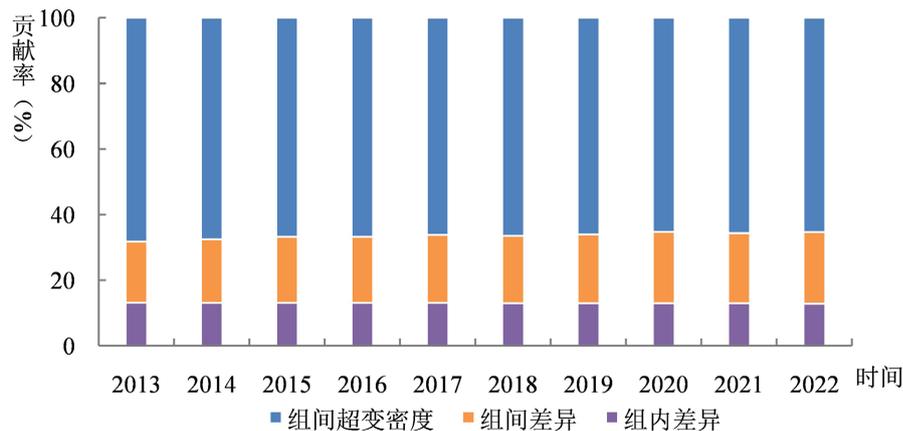


Figure 2. The contribution rate of the decomposition term of the overall Gini coefficient
图 2. 总体基尼系数分解项的贡献率

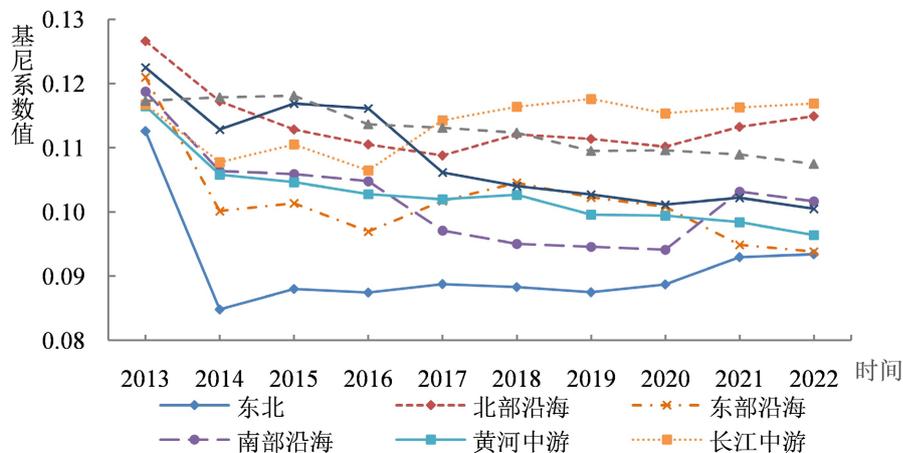


Figure 3. Evolution of differences within the digital governance level groups of eight comprehensive economic zones
图 3. 八大综合经济区数字治理水平组内差异的演变情况

由图3可知,八大综合经济区组内差异的变动趋势表现出了非常明显的地区差异性。从整体上来看,各个经济区的组内差异都呈现出波动下降的趋势。特别是东部沿海地区,其组内差异的下降幅度最为显著,大西南地区紧随其后。然而,长江中游地区的组内差异却呈现出上升的趋势。具体的数值来看,在多数年份里,长江中游地区的组内差异在八大经济区中位居首位,说明长江中游地区数字治理水平发展不平衡程度较高。相较于南部沿海地区,北部沿海地区内部的差异性表现得更为突出。这反映出南部沿海地区各城市在数字治理水平方面呈现出相对集中的态势,北部沿海地区由于包含了诸如北京、天津等发达城市,以及河北、山东等发展相对“稳健”的省份,因此这一区域内部呈现出了较大的差异性。

4. 结论与建议

4.1. 研究结论

数字治理为数字时代提升国家治理效能提供了新的理念和方法,为中国城市的提升与发展贡献了有效路径。本文运用熵值法和CRITIC法组合赋权,并结合灰色关联度与TOPSIS法对中国244个城市数字治理水平进行测度,利用Dagum基尼系数进一步分析了数字治理水平地区异质性以及差异来源,进而通过Moran指数和Markov链分析了数字治理水平的分布动态和变化趋势。通过以上研究,主要得到如下研究结论:

(1) 从测度结果来看,2013~2022年中国城市数字治理水平平均表现出稳步提升的趋势,4个子系统得分也均呈逐年递增态势,其中数字政务占据主要地位,提升幅度较大;数字基础虽整体得分较高但提升幅度较缓;数字经济稳步提升;数字民生在波动中上升。

(2) 从分布特征来看,数字治理水平总体均呈波动上升态势。东部沿海地区的数字治理发展水平都为最高,紧随其后的是北部沿海地区,而东北地区的数字治理水平则相对较低。数字治理水平呈现显著的空间正相关特征。同时,较高水平城市和较低水平城市在空间上都呈现集聚的特征。就转移概率而言,数字治理水平保持稳定的可能性相对较大,更有可能向邻近的类型转移,这表明数字治理水平的提升通常是一个逐步演进的过程。同时,受到空间溢出效应的影响,数字治理水平“等级锁定”的概率依然较高。

(3) 从区域异质性来看,我国城际以及所划分的八大综合经济区之间,在地域特征上呈现出明显的差异性。整体而言,2013~2022年期间八大综合经济区数字治理水平总体差异依然明显,依据计算公式可得,差异主要来自于区域间差异。

4.2. 政策建议

结合本文的实证结果,从政策制定角度提出建议:本文首先展开空间相关性检验,结果证明我国各城市整体存在空间相关性。空间异质性分析显示,超变密度是数字治理水平空间分异的主要来源,即数字治理水平在不同地区之间的交叉重叠程度,其次是地区内分异,地区间的分异程度对数字治理水平空间分异的贡献率最小。因此,应通过推动各经济区域之间的协调发展,充分利用区位优势并制定周边城市帮扶政策,由数字治理水平较高地区带动数字治理发展缓慢地区,最终实现全国数字治理整体高水平发展。

其次,转移概率测算结果显示,城市数字治理水平在绝大多数情况下保持稳定的概率较高,但仍存在向相邻等级转移的可能,因此各个城市应当高度警惕数字治理水平等级下滑的风险,积极采取有效的措施来预防建设成果的倒退,全力巩固当前的发展成果,并不断地追求等级的提升。

具体建议如下:

第一, 夯实数字基础设施建设, 优化数字人才培养机制。借助全链路的数字化转型策略, 推动传统基础设施向智能化升级迈进。强化数字教育培训的力度, 优化教学资源的配置与供给, 丰富多元化的数字应用场景。加大对人工智能等前沿新技术和新应用的教育培训力度, 持续提升全民在数字领域的素养与技能水平, 着力加强企业数字化转型所需的人才队伍建设。

第二, 深化数字政府改革, 建立多元协同治理格局。随着数字治理的持续深化, 政府与社会等多元主体的紧密协作、共同商议、共建共享, 构筑起多元主体协同治理的新格局。在协同治理体系中, 要求主体通过有效协商、确保信息的互联互通、明确各自的权责划分以及实现优势互补, 保障政府处于治理主导地位, 恰当运用市场组织, 确保社会公众的实质参与。

第三, 全方位推动数字经济发展, 助力数字产业结构升级。中国数字经济与产业数字化的快速发展将开辟广阔的需求领域, 各行业产业数字化的转型升级在未来将迎来加速发展的巨大契机, 要以未来的眼光看待数字经济带来的无限机遇。应充分利用地区经济发展、财政结构优化、产业升级、制度完善及市场化改革等方面的优势, 全面提升数字治理效能。

第四, 提升数字公共服务水平, 推进精准化精细化公共服务。政府部门需构建精准识别平台, 并借助大数据技术精确识别公共服务需求, 进而为公众提供定制化的服务, 满足公众个性化需求, 彰显数字治理的人性化特色。服务结果的精准评估乃公共服务精准化的先决条件, 需遴选适宜的评估模型以构建科学合理的评估体系。

参考文献

- [1] 中国互联网络信息中心. 第 53 次中国互联网络发展状况统计报告[EB/OL]. <https://www.cnnic.net.cn/n4/2024/0322/c88-10964.html>, 2024-03-22.
- [2] 国务院. 国务院关于加强数字政府建设的指导意见[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2022-06/23/content_5697299.html, 2022-06-23.
- [3] 中国互联网络信息中心. 第 54 次中国互联网络发展状况统计报告[EB/OL]. <https://www.cnnic.net.cn/n4/2024/0829/c88-11065.html>, 2024-08-29.
- [4] 雷玲, 脱潇潇. 基于供给侧结构性改革的陕西现代农业科技园区综合创新发展能力评价——基于熵权法与 TOPSIS 相结合的模型[J]. 科技管理研究, 2019, 39(3): 114-120.
- [5] 刘松林, 王坦, 戚琳琳. 基于客观组合赋权的就业质量测度与评价[J]. 统计与决策, 2023, 39(20): 168-173.
- [6] Leat, D., Seltzer, K., et al. (2002) Towards Holistic Government: The New Reform Agenda. Palgrave.
- [7] 杨燕. 中国城市数字化转型水平测度及影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽建筑大学, 2024.
- [8] 程敏. 城市数字化水平对绿色全要素生产率增长的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海财经大学, 2023.
- [9] 王宇哲, 赵静. “用钱投票”: 公众环境关注度对不同产业资产价格的影响[J]. 管理世界, 2018, 34(9): 46-57.
- [10] 吴力波, 杨眉敏, 孙可哿. 公众环境关注度对企业和政府环境治理的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(2): 1-14.
- [11] 王林辉, 姜昊, 董直庆. 工业智能化会重塑企业地理格局吗? [J]. 中国工业经济, 2022(2): 137-155.
- [12] 陈志, 程承坪, 陈安琪. 人工智能促进中国高质量就业研究[J]. 经济问题, 2022(9): 41-51.
- [13] 贾彬. 地方政府数字治理能力提升研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 西北师范大学, 2022.
- [14] 佟孟华, 褚翠翠, 李洋. 中国经济高质量发展的分布动态、地区差异与收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(6): 3-22.
- [15] 张红凤, 吕杰. 食品安全风险的地区差距及其分布动态演进——基于 Dagum 基尼系数分解与非参数估计的实证研究[J]. 公共管理学报, 2019, 16(1): 77-88+172-173.
- [16] 杨明海, 卢晓松, 孙亚男. 三大经济支撑带创新能力地区差距及分布动态演进——利用 Dagum 基尼系数和非参数估计方法的实证研究[J]. 科技进步与对策, 2017, 34(7): 34-42.