

城市竞争力与基础设施建设的典型相关分析和 SBM 模型分析——对比广东省与山东省

孔荫莹，戴方润

广东财经大学 统计与数学学院，广东 广州 510320

DOI:10.61369/ASDS.2025060020

摘 要： 本文采用典型相关分析方法，探讨了广东省与山东省两经济大省在城市竞争力与基础设施建设方面的差异及相互作用。通过对两省各城市数据的分析，得到了各自城市竞争力与基础设施建设的典型结构。进一步，利用 SBM 模型，本文量化了基础设施建设对城市竞争力提升的贡献效率，以及城市竞争力对基础设施建设的推动作用效率，并进行了对比研究。研究发现，广东省展现出较高的城市竞争力推动基础设施建设效率，而山东省则在基础设施促进城市竞争力提升方面表现更为突出；山东省内城市间地域差异相对较小；广东省与山东省在经济发展速度与电信业务发展的成熟度上则存在显著差异。本研究为理解区域发展不平衡提供了新的视角，也为两省未来制定差异化发展战略、优化资源配置提供了科学依据。

关 键 词： 城市竞争力；城市基础设施；典型相关分析；数据包络分析；SBM 模型

Typical Correlation Analysis and SBM Model Analysis of Urban Competitiveness and Infrastructure Construction — A Comparative Study between Guangdong and Shandong Provinces

Kong Yinying, Dai Fangrun

School of Statistics and Mathematics, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou, Guangdong 510320

Abstract： This paper employs the canonical correlation analysis method to explore the differences and interactions between urban competitiveness and infrastructure construction in Guangdong and Shandong, two major economic provinces in China. Through the analysis of data from various cities in the two provinces, typical structures of urban competitiveness and infrastructure construction in each province are identified. Furthermore, utilizing the SBM model, this paper quantifies the efficiency of infrastructure construction in contributing to the enhancement of urban competitiveness, as well as the efficiency of urban competitiveness in driving infrastructure construction, and conducts a horizontal comparison. The study finds that Guangdong Province exhibits a higher efficiency in driving infrastructure construction through urban competitiveness, while Shandong Province performs more prominently in promoting urban competitiveness through infrastructure. Additionally, Shandong Province exhibits relatively smaller geographical differences among its cities. In contrast, Guangdong and Shandong differ significantly in terms of economic development speed and the maturity of telecommunications business. This research provides a new perspective for understanding regional development imbalances and offers a scientific basis for the two provinces to formulate differentiated development strategies and optimize resource allocation in the future.

Keywords： urban competitiveness; urban infrastructure; canonical correlation analysis; DEA; SBM model

引言

我国政府高度重视新质生产力的发展，多次强调要加快发展新质生产力。而城市竞争力是衡量一个城市在吸引、配置和利用资源方面的能力。研究城市竞争力，可以识别出哪些城市在科技创新、制度创新等方面具有优势，进而推动这些城市成为创新驱动发展的高地。城市竞争力面临着持续发展的挑战，其中城市竞争力及基础设施建设之间的关系是一个重要的议题。同时，城市基础设施建设对高

作者简介：

孔荫莹，广东财经大学统计与数学学院，教授，研究生导师，研究方向为大数据统计和大数据会计；

戴方润，广东财经大学统计与数学学院，硕士研究生，研究方向为数理统计。

质量发展具有重要影响。基础设施建设直接关系到居民的生活质量，保障了居民的基本生活需求和精神文化生活需求。

通过探究城市竞争力和基础设施建设的关系，优化资源配置，促进高质量发展，加速发展新质生产力。本文首先使用典型相关分析的方法，分析了广东省和山东省城市基础设施与城市竞争力的关系，在此基础上使用 SBM 模型比较了两省数据的差异，分析了可能的原因。

一、文献综述

目前，国内外学术界许多学者对城市竞争力进行了深入研究和探讨。线实，陈振光（2014）将竞合概念应用到城市层面，结合城市竞争力讨论了区域内城市竞合的内涵，结合全球化背景，提出了一个理论的分析框架^[1]。潘峰华等（2018）从全国尺度考察了8个中心城市的竞争力和职能的演变^[2]。杨亮洁等（2021）测度了成渝城市群城市内生、外生竞争力的耦合协调类型及其演化路径^[3]。徐海东，倪鹏飞（2023）探讨了旅游与休闲在城市竞争力提升中的重要作用^[4]。

Renata（2022）使用多标准 SAW 和 TOPSIS 评估方法，研究了疫情背景下的可持续城市竞争力^[5]。Meng（2023）选取了15个城市作为研究对象，使用双向固定效应模型，深入探讨了数字城市竞争力对商业流通业全要素生产率的影响^[6]。Abdrabo（2024）使用模糊层次分析法（AHP）与多准则优化与折衷解排序法（VIKOR）的混合方法研究埃及42座城市的竞争力，并使用地理信息系统将埃及城市划分为四个类别^[7]。

许多学者对中国城市基础设施建设展开研究。吕拉昌等（2021）使用主成分分析和 GIS 技术分析中国城市创新基础设施的空间格局，并研究了创新基础设施对创新的影响^[8]。吴志强等（2021）梳理城市基础设施网络体系的迭代历程及其对城市发展的影响^[9]。周记顺，宋颜希（2022）使用双重差分法检验了新型城市建设对城市出口的影响，认为智慧城市建设能够显著提升城市出口规模^[10]。薛桂芝等（2023）研究了传统基础设施对全要素生产率的影响^[11]。房景等（2023）建立双重差分模型讨论了高铁建设对消费的影响作用^[12]。

数据包络分析（DEA）这一术语及其系统的理论框架，是由 Charnes、Cooper 和 Rhodes 在论文中首次提出^[13]。该方法可以评估具有多个输入和多个输出的决策单元（DMU）之间的相对效率。数据包络分析方法已经得到广泛的关注、发展和应用。

张国基等（2020）构建了基于水资源系统混合网络结构的 DEA 模型测算水资源利用效率，研究了全国水资源利用效率和空间交互影响^[14]。任腾等（2022）使用双层数据包络分析模型研究了中国省际可持续发展系统的效率评价与满意度的问题，讨论区域可持续发展的效率^[15]。魏宇琪（2023）等研究了大数据背景下 DEA 模型求解困难的问题，提出了一种优化求解工作和求解速度的方法^[16]。马占新等（2024）对数据包络分析方法进行深入研究，提出了一种基于全局视角的并行网络 DEA 模型，并讨论了相关性^[17]。

Tone（2001）构想并提出了 SBM 模型，该模型在目标函数中设定了松弛变量，以此有效弥补因松弛变量产生误差的不

足^[18]。Zhai（2022）等使用 SBM 模型和 ML 指数计算了中国30个省份的绿色生产率，并讨论了其相关性^[19]。孔芳霞等（2022）构建超效率 SBM 模型测算了基础设施建设与绿色发展的协调度^[20]。陈美景等（2024）构建了超效率 SBM 模型，对国土空间利用效率进行研究^[21]。

二、研究方法和数据选取

（一）典型相关分析

为了简洁地研究研究两组变量

$$[x_1, x_2, \dots, x_p], [y_1, y_2, \dots, y_q]$$

之间的相关关系，1936年 Hotelling 将线性相关性推广到两组相关变量中，提出了典型相关分析方法^[22]。首先分别在每一组变量中找出一个线性组合，使这一对线性组合具有最大相关性

$$\begin{cases} u_1 = \alpha_{11}x_1 + \alpha_{21}x_2 + \dots + \alpha_{p1}x_p, \\ v_1 = \beta_{11}y_1 + \beta_{21}y_2 + \dots + \beta_{q1}y_q. \end{cases}$$

以此类推，可以在每组变量中找出第二对线性组合，第三对线性组合等等，使其分别与已有的线性组合不相关，且自身具有最大的相关性。该过程可以进行 $\min\{p, q\}$ 步。提取出的成对变量被称为典型相关变量。

某对典型变量之间的相关系数被称为典型相关系数，通过典型相关系数可以了解典型变量之间的关系。通过显著性检验确定典型变量的显著性，并据此进行进一步的分析。典型相关变量与原始变量之间的相关系数反映了典型变量和原始变量之间的相关性。

（二）SBM 模型

数据包络分析（DEA）由 Charnes、Cooper 和 Rhodes 于1978年首次提出^[13]，它基于相对效率的概念，通过比较一组类似单位的绩效来评价各个单位的相对效率。在 DEA 中，每个被评估的单位或组织被称为决策单元（DMU）。通常假设每个决策单元具有可比性，并假设有 m 个投入， q 个产出。

SBM 模型是数据包络分析中的一个模型，由 Tone 于2001年提出^[18]。相比于传统 DEA 模型，SBM 将松弛变量纳入目标函数。有 m 个投入， q 个产出的非导向性 SBM 模型可由如下模型表达。

$$\min \rho_k = \left(1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{a_{ik}}\right) / \left(1 + \frac{1}{q} \sum_{r=1}^q \frac{s_r^+}{b_{rk}}\right),$$

$$s.t. \begin{cases} A\lambda + s^- = a_k \\ B\lambda - s^+ = b_k \\ \lambda, s^-, s^+ \geq 0 \end{cases}$$

其中 ρ_k 表示第 k 个决策单元的效率,该模型的效率同时蕴含了投入和产出的效率。若 $\rho_k=1$,则表示该决策单元是有效的。

A,B 分别表示投入和产出, a_{ik} 表示第 k 个决策单元的第 i 种投入, b_{rk} 表示第 k 个决策单元的第 r 种产出, s^- 和 s^+ 分别表示投入和产出的松弛变量, λ 为权重向量。

通过求解该模型,可以计算得到决策单元的效率 and 松弛变量,从而可以比较决策单元效率的高低,并参考松弛变量寻求改进措施。松弛变量通常直接给出允许改进的数值,本文以变量的原始数值为基准计算得到松弛变量的比例。

(三) 指标选取

国内外已经有很多学者对城市竞争力的影响因素进行了深入研究。本文在这些研究成果的基础上,综合不同文章中对指标的选取^{[3][23]},同时综合参考统计年鉴中给出的数据和统计方法,选择较有代表性的指标。借鉴这些指标作为本文反映城市竞争力和基础设施建设的指标。

表 2-1 城市竞争力变量

符号	变量
x_1	人均生产总值
x_2	公共财政支出
x_3	公共财政收入
x_4	第三产业增加值占地区生产总值比重
x_5	规模以上工业利润总额
x_6	固定资产投资增速
x_7	科技支出占公共财政支出比重
x_8	客运总量
x_9	城镇居民人均可支配收入
x_{10}	移动电话拥有数
x_{11}	人均绿地面积
x_{12}	金融机构贷款总额

反映城市竞争力和城市基础设施建设的各个变量对应的数据可以从《广东统计年鉴2024》、《山东统计年鉴2024》、《中国城市统计年鉴2024》和《2023年中国城市建设统计年鉴》中直接获得或经过简单计算得到。均为2023年数据。具体个变量如表2-1和表2-2所示。

表 2-2 城市基础设施变量

	变量
y_1	医院数
y_2	人均生活用水
y_3	人均道路里程
y_4	图书馆藏书数
y_5	人均电力消费
y_6	人均生活用天然气

三、广东省数据的典型相关分析

(一) 典型相关系数及假设检验

表 3-1 典型相关系数 (广东省)

序号	典型相关系数
1	0.9985
2	0.9820

3	0.9363
4	0.8714
5	0.6746
6	0.6018

使用前文中选取的变量,从统计年鉴中收集数据并处理,根据典型相关分析的一般步骤进行建模分析。典型相关系数数值如表3-1所示。

由表可知,典型相关系数比较高,表明典型相关变量之间较为相关。但是要确定典型相关变量的显著性,还需要进行 χ^2 检验,结果如表3-2所示。

表 3-2 显著性检验 (广东省)

序号	1	2	3	4	5	6
P 值	1.0067×10^{-6}	0.0861	0.1749	0.4910	0.7697	0.6013

如果取定了显著性水平 $\alpha=0.05$,那么根据表3-2中的计算结果可以看到,只有第一组典型相关变量通过了显著性检验。因此在0.05的显著性水平下,可以认为第一组典型相关变量关系显著,可以使用第一组典型相关变量进行数据分析。

(二) 典型相关模型和典型结构

经计算,得到标准化的典型系数,具体的典型相关模型如表3-3所示。

表 3-3 典型相关模型 (广东省)

第一组	$u_1 = -0.1581x_1 - 0.7845x_2 + 1.4172x_3 - 0.1065x_4 + 0.0573x_5 - 0.0087x_6$
	$-0.0171x_7 - 0.0779x_8 - 0.2348x_9 + 0.6127x_{10} - 0.0169x_{11} + 0.2183x_{12}$
	$v_1 = 0.3799y_1 - 0.0282y_2 + 0.0023y_3 + 0.7131y_4 - 0.0784y_5 + 0.0602y_6$

由相关方程可知,代表基础设施方面的 v_1 中的 y_4 (图书馆藏书数)系数明显大于同方程其他变量,说明城市图书馆的建设从一定程度上反应了城市基础设施建设的情况;城市竞争力的第一典型变量 u_1 与 x_3 (公共财政预算收入)相比同组其他变量呈现了较高的相关关系,说明在城市竞争力中,人均生产总值是非常重要的指标。

典型结构是指这些相关系数得到的矩阵。根据原始变量与典型变量之间的相关系数,可以给出结构分析,本文以表格的形式给出计算结果,结果如表3-4所示。

表 3-4 广东省结构分析 (广东省)

指标	v_1	指标	v_1	指标	u_1
x_1	0.7133	x_7	0.5904	y_1	0.8729
x_2	0.9023	x_8	0.4749	y_2	-0.0547
x_3	0.9362	x_9	0.4212	y_3	-0.2909
x_4	0.6767	x_{10}	0.9662	y_4	0.9522
x_5	0.8384	x_{11}	0.5590	y_5	0.2373
x_6	-0.0351	x_{12}	0.3638	y_6	0.0937

由表3-4知, x_2,x_3,x_{10} 与基础设施建设的典型相关变量呈高度相关,说明公共财政预算收支和移动电话数在反应城市基础设施建设方面占有主导地位。公共财政收支能一定程度上代表城市的财政状况,而移动电话数是反应地区电信业务的重要指标。广东省表现出的财政状况与电信业务和基础设施建设的高度相关性反映了基础设施建设中和财政、电信业务之间密切的联系。

城市竞争力的典型相关变量 u_1 与 y_1, y_2 的相关系数较高, 体现了医院数和图书馆藏书数在反应城市竞争力方面的作用。医院与图书馆分别代表了医疗、文化相关的建设。医疗文化与城市竞争力密切的关系揭示了广东省城市竞争力密切关系城市医疗文化建设发展。

四、山东省数据的典型相关分析

(一) 典型相关系数及假设检验

与广东省做法类似, 根据前文的变量选取, 从对应统计年鉴中获取了山东省数据并进行分析。首先对数据进行相关系数的 χ^2 统计量检验, 结果如表 4-1 所示。

表 4-1 显著性 (山东省)

序号	1	2	3	4	5	6
P 值	1.6782×10^{-26}	1.0067×10^{-26}	0.0086	0.4850	0.8149	0.9626

根据表 4-1 中的计算结果, 在 0.05 的显著性水平下, 可以选用前 3 组典型相关变量进行数据分析。

(二) 典型相关模型和典型结构

经计算, 得到标准化的典型系数, 结果如表 4-2。

表 4-2 典型相关模型 (山东省)

第一组	$u_1 = 0.4663x_1 - 2.8828x_2 - 1.6892x_3 - 0.6083x_4 + 0.9901x_5 + 0.2116x_6 + 0.1909x_7 - 0.2302x_8 - 0.2445x_9 + 0.3505x_{10} + 0.2425x_{11} + 4.4748x_{12}$ $v_1 = -0.4850y_1 + 0.6522y_2 + 0.3823y_3 + 0.9325y_4 - 0.2696y_5 + 0.0332y_6$
第二组	$u_2 = -0.2231x_1 + 0.6495x_2 + 1.1090x_3 + 1.1651x_4 + 0.0021x_5 - 0.0651x_6 - 0.0784x_7 + 0.1348x_8 + 0.6287x_9 - 1.5924x_{10} - 0.0873x_{11} - 1.3528x_{12}$ $v_2 = 0.2428y_1 - 0.7019y_2 + 0.8380y_3 - 0.1833y_4 - 0.7019y_5 + 1.1161y_6$

表 4-3 山东省结构分析 (山东省)

指标	v_1	v_2	v_3	指标	v_1	v_2	v_3	指标	u_1	u_2	u_3
x_1	0.6793	0.4096	0.1627	x_7	0.1988	0.4107	-0.1605	y_1	0.0000	0.0000	0.9755
x_2	0.2792	0.3429	0.8582	x_8	0.2053	0.4878	0.6245	y_2	0.7735	0.0087	-0.0369
x_3	0.1264	0.2524	0.8997	x_9	0.5166	0.4932	0.3673	y_3	0.0631	-0.5104	-0.6866
x_4	0.0311	0.5372	0.6766	x_{10}	-0.0220	-0.0561	0.9631	y_4	0.5374	0.2157	0.6998
x_5	-0.0229	0.1872	0.6188	x_{11}	0.5452	0.3840	0.0761	y_5	0.1898	-0.0158	-0.3781
x_6	-0.0169	-0.3749	-0.0791	x_{12}	0.3929	0.3410	0.8138	y_6	0.6467	-0.4819	0.1572

而反映城市竞争力的三个典型相关变量 u_1, u_2, u_3 分别与 y_2 人均生活用水, y_3 人均道路里程, y_1 医院数关系密切。人均生活用水, 人均道路里程分别反映了城市供水系统和道路建设对城市竞争力的影响。医院数也反应了城市的医疗卫生情况, 山东省医疗卫生建设对竞争力影响不突出。

五、数据包络分析

(一) 广东省山东省数据对比

根据前面分别对广东省和山东省的数据进行分析, 可以发现广东省数据与山东省既有相似之处, 也有不同之处, 一定程度上体现了两省经济发展中的不同特点。为了进一步探究这一不同结果体现出的差异, 本文选取了前面结果中关系密切的变量进行研究。分别选取了公共预算收支、移动电话数、人均生产总值、第

第三组	$u_3 = -0.0179x_1 + 0.6262x_2 - 0.2835x_3 + 0.2953x_4 + 0.0751x_5 + 0.0550x_6 - 0.1437x_7 - 0.2680x_8 + 0.0440x_9 + 0.9896x_{10} + 0.2289x_{11} - 0.4469x_{12}$ $v_3 = 0.8024y_1 - 0.2004y_2 - 0.2824y_3 - 0.0271y_4 + 0.0249y_5 + 0.2825y_6$
-----	--

在首先提取出的第一组相关方程可知, 代表基础设施方面的 v_1 的主要因素是系数明显大于同方程其他变量的 y_4 (图书馆藏书数), 说明城市图书馆的建设从一定程度上反应了城市基础设施建设的情况; 城市竞争力的第一典型变量 u_1 中 x_2, x_3 (公共预算收支) 对应的系数绝对值明显大于同组其他变量, 说明在城市竞争力中, 预算收支是非常重要的指标。

根据第二组典型相关方程, 可以发现 y_3 (人均道路里程) 在 v_2 中起主导作用, 而 x_{10} (移动电话数) 在 u_2 中系数较大, 是反映城市竞争力的重要指标。

根据原始变量与典型变量之间的相关系数, 可以进行典型结构分析。根据表 4-3 中的计算结果, 可以发现, 反应基础设施建设的三个典型相关变量 v_1, v_2, v_3 分别与城市竞争力中的 x_1 人均生产总值, x_4 第三产业增加值占地区生产总值的比重, x_{10} 移动电话数关系密切。人均生产总值表现了经济发展的平均状况, 与基础设施建设密切的关系表明了基础设施建设与经济发展同步发展的状况。第三产业比重表现了城市产业优化对城市基础设施建设的促进作用。而移动电话数的情况表明电信业务发展对城市基础设施建设起到的作用不突出。

三产业比重、医院数、图书馆藏书数、人均生活用水和人均道路里程。

不同城市对地区的发展、规划具有一定的独立性, 因此可以将不同的城市视为不同的决策单元, 使用数据包络分析比较不同城市之间的效率, 进而探究广东山东两省的不同特点。为分析城市竞争力和基础设施建设的互相关系, 本文先探究基础设施建设对城市竞争力的影响; 再研究分析城市竞争力对基础设施建设的影响。

(二) 城市竞争力效率分析

根据前面的分析, 首先将基础设施建设作为投入, 竞争力作为产出。具体来说, 将前文分析的 y_1, y_2, y_3 作为投入, $x_1, x_2, x_3, x_4, x_{10}$ 作为产出, 进行数据包络分析。本文使用非导向 SBM 模型进行分析, 假设规模报酬可变, 得到相应的效率和松弛变量。本文使用百分数的形式给出松弛变量相对于原始变量的比例。

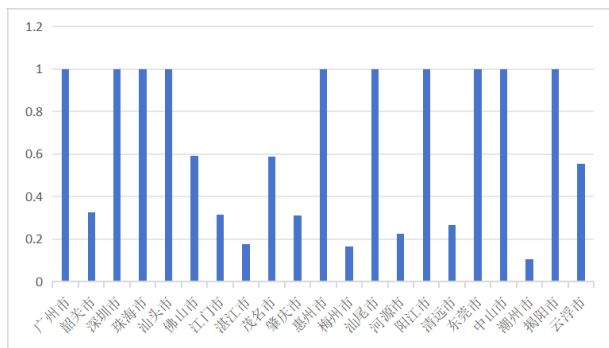


图 5-1 基础设施建设促进城市竞争力效率（广东省）

可以直观看出，山东省效率的平均水平高于广东省，实际上山东省平均效率为0.9480，而广东省平均为0.6491，这表明山东省基础设施投入转化为城市竞争力的效率平均高于广东。山东省的方差为0.0111，广东省方差为0.1262，这表明广东省城市之间的差异较大。广东山东均有多个城市的效率达到了1，这表示这些城市在两省中基础设施转化为城市竞争力的水平较高，达到了相对的效率前沿，说明两省基础设施转化为城市竞争力的最高水平相当。考察最低的效率值，广东有三个城市的效率低于0.2，意味着城市的基础设施建设对城市竞争力的推动作用仍有非常大的进步空间。

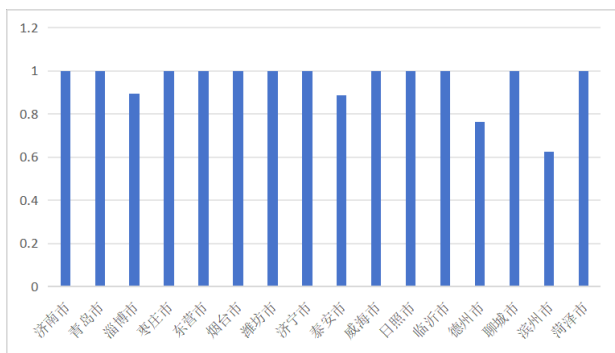


图 5-2 基础设施建设促进城市竞争力效率（山东省）

地区	图书馆藏书数	人均生活用水	人均道路里程	人均生产总值	公共预算支出	公共预算收入	第三产业比重	移动电话数
佛山市	0.00%	52.36%	19.75%	5.32%	50.93%	42.93%	43.12%	0.00%
江门市	0.00%	16.66%	72.42%	96.05%	183.57%	243.00%	27.61%	62.33%
湛江市	0.00%	58.35%	69.97%	137.42%	173.91%	684.24%	39.30%	72.52%
茂名市	0.00%	14.92%	34.20%	44.55%	25.64%	129.78%	11.77%	0.00%
肇庆市	0.00%	66.42%	52.54%	2.83%	97.96%	199.96%	24.21%	145.46%
梅州市	0.00%	29.14%	85.36%	361.35%	139.19%	778.50%	14.30%	61.86%
清远市	18.41%	23.64%	91.16%	220.27%	81.65%	220.08%	17.38%	0.00%
潮州市	0.00%	21.01%	43.58%	152.61%	588.28%	2085.90%	40.22%	300.00%

图 5-3 部分地区基础设施建设促进城市竞争力松弛变量数据条

图5-3给出了广东省部分城市的松弛变量百分比。在人均生活用水这一变量中，有多个地区用水较多，而在人均道路里程中也有多个地区里程较多。

对比不同决策单元可以发现，潮州市公共预算收支，移动电话数对应的松弛变量数值均最高，第三产业比重的松弛变量数值也位于较高的位置，这表明潮州市在基础设施建设转化为城市竞争力的效率上，有较大的进步空间。

（三）基础设施建设效率分析

完成基础设施对城市竞争力的效率的分析，本文将城市竞争力视为投入，分析建设城市基础设施的效率，研究不同城市即不同决策单元之间的效率。

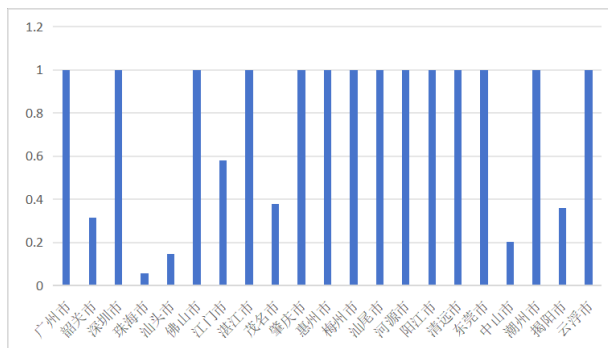


图 5-4 城市竞争力促进基础设施建设效率（广东省）

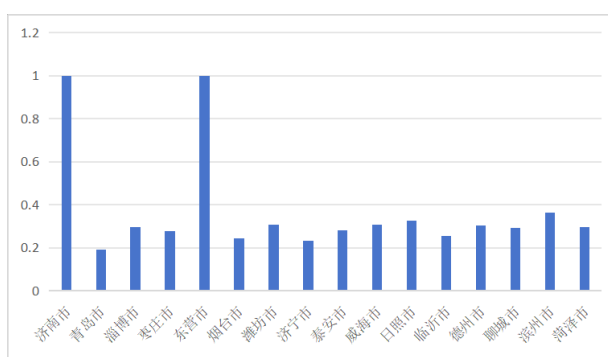


图 5-5 城市竞争力促进基础设施建设效率（山东省）

与前面类似，整体上广东省的效率高于山东省，广东省城市竞争力对基础设施建设推动作用的平均水平高于山东省。广东省不同地区之间的差异较大。广东省多个地区的效率达到了1。山东省大多数地区的效率相对较低，只有两个地区效率达到了1，在两省城市中处于相对有效的位置。广东省整体相比于山东省，在城市竞争力推动基础设施建设的效率上有较大优势。

地区	人均生产总值	公共预算支出	公共预算收入	第三产业比重	移动电话数	图书馆藏书数	人均生活用水	人均道路里程
青岛市	61.0%	60.9%	80.5%	30.7%	41.0%	0.00%	121.27%	280.68%
淄博市	42.59%	50.81%	84.95%	0.00%	49.97%	76.60%	110.53%	54.81%
枣庄市	4.65%	31.42%	70.14%	14.92%	31.38%	296.36%	148.96%	0.00%
烟台市	63.46%	72.36%	91.20%	10.11%	68.08%	0.00%	144.37%	29.90%
潍坊市	31.32%	34.21%	74.80%	13.73%	32.14%	0.00%	227.15%	85.86%
济宁市	27.13%	58.13%	85.37%	0.00%	72.63%	11.12%	223.96%	124.41%
泰安市	15.64%	45.33%	75.92%	8.47%	50.89%	188.17%	158.93%	0.00%
威海市	59.3%	29.67%	72.35%	5.43%	32.09%	0.00%	183.03%	104.37%
日照市	36.44%	13.12%	70.22%	9.81%	16.07%	248.50%	101.04%	0.00%
临沂市	28.65%	52.43%	81.34%	2.80%	65.90%	0.00%	251.95%	80.76%
德州市	24.90%	54.11%	75.68%	4.32%	51.14%	113.58%	153.61%	0.00%
聊城市	0.00%	45.10%	74.29%	4.40%	50.79%	168.08%	204.26%	0.00%
滨州市	36.49%	42.18%	78.32%	0.47%	35.26%	74.51%	132.37%	0.00%
珠海市	72.10%	65.76%	84.24%	5.13%	28.29%	0.00%	13.40%	2312.60%
汕头市	5.05%	3.53%	21.94%	0.00%	47.04%	0.00%	65.06%	1363.76%
茂名市	20.62%	52.50%	61.78%	2.10%	54.12%	172.80%	15.79%	0.00%

图 5-6 部分地区城市竞争力促进基础设施建设松弛变量数据条

如图5-6给出了松弛变量的百分比。山东省多个地区公共预算收支和移动电话数的松弛变量数值都相对较大，表明公共预算和电信业务的发展对城市基础设施建设作用有待提高。城市基础设施建设方面，有多个地区人均生活用水的松弛变量较大，表明城市竞争力的发展没有很好的促进城市供水系统的发展。珠海茂名地区城市竞争力推动道路建设发展空间较大。枣庄日照两地图书馆藏书数松弛变量比例最大，城市竞争力的发展对文化建设起到的促进作用相对落后。

六、结束语

（一）广东省

从广东省自身数据进行典型相关分析，可以发现公共预算收

支和移动电话数与城市基础设施建设联系紧密。公共预算从一定程度上反映了城市的财政情况，而移动电话数一定意义上代表了电信业务的发展状况。另外，医院数和图书馆藏书数与城市竞争力关系紧密，体现了广东省医疗、文化建设对城市竞争力的提升有重要影响。

广东省相比于山东省，城市竞争力推动基础设施建设效率整体高于山东省，而基础设施建设推动城市竞争力效率有较大发展空间。具体分析松弛变量可以发现，道路建设对发展城市竞争力作用不明显。具体城市中，潮州市基础设施建设对财政、电信方面作用有较大上升空间。珠海市城市竞争力对道路建设的促进作用略显不足。

广东应进一步优化公共预算分配，推动电信业务与基础设施建设融合发展，提升医疗、文化等城市软实力。此外，应加强区域协调发展，缩小城市发展差距。

（二）山东省

山东省城市竞争力和基础设施建设的典型相关分析结果表明，在代表城市竞争力的变量中，人均生产总值与基础设施建设的关系最为密切，第三产业的比重也从一定程度上解释了基础设施建设的情况，电信发展情况也与基础设施建设有一定的联系；在基础设施建设中，城市整体供水情况与城市竞争力关系最为紧密，道路建设与城市竞争力的关系也不能忽视，同时医疗卫生状况也与城市竞争力有较大关联。

山东省整体与广东省比较，山东省城市基础设施建设推动城市竞争力发展取得了较好成果，整体效率较高。而在城市竞争力促进基础设施建设中相对薄弱，效率提升空间较大，较多地区表现出了财政对基础设施建设支持不足的情况，同时城市供水系统的建设受城市竞争力的推动作用有限。在城市竞争力对基础设施

参考文献

- [1] 钱实, 陈振光. 城市竞争力与区域城市竞争: 一个理论的分析框架 [J]. 经济地理, 2014, 34(03): 1-5.
- [2] 潘峰华, 杨博飞. 国家中心城市竞争力及其职能演变——基于上市企业总部的研究 [J]. 地理研究, 2018, 37(07): 1364-1376.
- [3] 杨亮洁, 杨晓蓉, 杨永春. 城市内生竞争力与外生竞争力耦合协调研究——以成渝城市群为例 [J]. 人文地理, 2021, 36(06): 76-86.
- [4] 徐海东, 倪鹏飞. 城市在旅游与休闲中提升竞争力 [J]. 旅游学刊, 2023, 38(07): 1-4.
- [5] Činčikaitė Renata, Meidutė Kavaliauskienė Ieva. An Integrated Assessment of the Competitiveness of a Sustainable City within the Context of the COVID-19 Impact. Sustainability, 2022, 14(13): 7575-7575.
- [6] Tian Tian M., Danni Y., Ludi Y., et al. Impact of digital city competitiveness on total factor productivity in the commercial circulation industry: evidence from China's emerging first-tier cities. Humanities and Social Sciences Communications, 2023, 10(1):
- [7] Li K. A., Mahmoud M., Ahmed M. Urban Competitiveness Assessment Using the Integration of the Global Power City Index and Multicriteria Decision-Making Methods. Journal of Urban Planning and Development, 2024, 150(3):
- [8] 吕拉昌, 辛晓华, 陈东霞. 城市创新基础设施空间格局与创新产出——基于中国290个地级及以上城市的实证分析 [J]. 人文地理, 2021, 36(04): 104-113+125.
- [9] 吴志强, 何睿, 徐浩文, 等. 论新型基础设施建设的迭代规律 [J]. 城市规划, 2021, 45(03): 9-14.
- [10] 周记顺, 宋颜希. 新型基础设施建设对地区出口的影响——来自国家智慧城市试点的证据 [J]. 产业经济研究, 2022, (05): 115-128.
- [11] 薛桂芝, 李建军, 董旭. 传统基础设施建设还能提升城市全要素生产率吗——基于223个城市市政基础设施的研究 [J]. 南开经济研究, 2023, (08): 199-220.
- [12] 房景, 姚树洁, 冯根福, 等. 交通基础设施能否促进消费市场发展——来自中国高铁的经验证据 [J]. 南开经济研究, 2023, (09): 55-74.
- [13] Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429-444.
- [14] 张国基, 吴华清, 刘业政, 等. 中国水资源综合利用效率测度及其空间交互分析 [J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(08): 123-139.
- [15] 任腾, 李姝萱, 周忠宝, 等. 基于满意度 BLP-DEA 的区域可持续发展系统效率评价研究 [J]. 中国管理科学, 2022, 30(07): 99-109.
- [16] 魏宇琪, 杨敏, 梁樑, 等. 大数据环境下加性网络 DEA 模型求解方法——基于两阶段模型视角 [J]. 系统工程理论与实践, 2023, 43(11): 3294-3308.
- [17] 马占新, 张传哲. 一种基于全局视角的并行网络 DEA 模型 [J]. 系统工程理论与实践, 2024, 44(06): 2059-2074.
- [18] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.
- [19] Zhai X. Q., Xue R., He B., et al. Dynamic changes and convergence of China's regional green productivity: a dynamic spatial econometric analysis. Advances in Climate Change Research, 2022, 13 (2): 266-278
- [20] 孔芳霞, 刘新智, 周梓梅, 等. 新型基础设施建设与城市绿色发展耦合协调的时空演变特征与影响因素 [J]. 经济地理, 2022, 42(09): 22-32.
- [21] 陈美景, 王庆日, 白中科, 等. 基于双碳目标的黄河流域资源型城市国土空间利用效率时空特征及影响因素 [J]. 中国土地科学, 2024, 38(04): 101-112.
- [22] 高惠璇. 应用多元统计分析. 北京: 北京大学出版社, 2005: 343-365.
- [23] 田美玲, 刘嗣明, 寇圆圆. 国家中心城市职能评价及竞争力的时空演变 [J]. 城市规划, 2013, (11): 89-95.

建设的作用上，济南东营两个地区表现出较高水平而其他地区效率均较低。

山东应稳步发展经济，保持人均生产总值平稳合理增长，进一步优化产业布局，稳步发展道路交通建设和医疗卫生建设。应合理建设城市供水系统、发挥财政对城市基础设施建设的支持作用。同时对省内效率较高的济南东营应进行推广，推动城市竞争力和基础设施建设的全面提升。

（三）差异

经过前文的分析，本文发现广东省与山东省的差异主要集中在以下方面。

第一，广东省整体城市竞争力推动基础设施建设效率较高，而山东省城市基础设施建设推动城市竞争力发展取得了较好成果。广东省高速、多元化进行城市发展，提高城市竞争力，相对山东表现出了通过城市发展带动基础设施建设发展的特点。山东省基础设施建设推动城市竞争力发展效率有明显优势，表现出了大力发展基础设施建设从而带动城市全方位发展的特点。

第二，广东省地域差异相对明显，山东大部分地区数据相对集中。广东省城市间差异整体高于山东省。山东整体城市数据波动性较小，但省内发达地区领先幅度相对较低。

第三，经济发展状况与电信业务发展状况有差异。广东省公共预算对基础设施建设促进作用明显，区域经济发展与基础设施建设联系紧密。山东省人均生产总值与基础设施建设关系密切，基础设施建设促进作用源于全社会共同发展。广东省移动电话数与基础设施建设关系紧密，电信业务发展成效显著，对城市建设作用突出；山东省电信业务与基础设施建设关系不突出，推动作用不明显。