

基于主成分分析的智慧城市建设评价研究

汪金华, 刘 艳

(安徽建筑大学 经济与管理学院, 安徽 合肥 230601)

摘 要: 智慧城市是我国城市发展的新形态, 评价智慧城市的建设水平是智慧城市建设的重要内容。针对城市建设的需求和短板, 从基础设施、科技创新、智慧环境和智慧经济 4 个方面构建 18 个智慧城市建设评价指标, 从新一线城市中选取包括合肥在内的 7 个智慧城市建设潜力较大的城市, 利用主成分分析量化以上指标。通过得分排名将合肥市与其余 6 个城市智慧城市建设水平进行比较, 分析合肥市智慧城市建设的不足并提出相应的政策建议。

关键词: 智慧城市建设; 主成分分析; 合肥市

中图分类号: F299.27

文献标识码: A

文章编号: 2095-8382(2022)01-064-05

Research on Smart City Construction Evaluation Based on Principal Component Analysis

WANG Jinhua, LIU Yan

(School of Economics and Management, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)

Abstract: Smart city is the new form of China's urban development, and the evaluation is an important part of smart city construction. In view of the needs and shortcomings of city construction, 18 indicators are constructed from four aspects: infrastructure, scientific and technological innovation, smart environment and smart economy. Seven cities with high potential for smart city construction, including Hefei, are selected from the new first-tier cities, and the above indicators are quantified through principal component analysis. By comparing the construction level of Hefei with the other six smart cities through score ranking, the shortcomings of Hefei's smart city construction are analyzed and corresponding policy suggestions are put forward.

Keywords: smart city construction; principal component analysis; Hefei city

智慧城市是信息技术支撑、知识社会和创新环境下的城市信息化高级形态^[1], 是以物联网、大数据与人工智能等新一代信息技术手段为基础的信息网络, 应用于交通管理、基础设施、智能生活、智能建筑等领域。近年来, 为推进新型智慧城市有序发展, 国家相继出台了一系列政策措施和战略部署优化发展环境, 智慧城市建设取得长足进步, 规模位居世界前列。2019 年新型智慧城市评价结果显

示, 超过 88% 的参评城市已建立智慧城市统筹机制^[2]。因此, 科学的评价指标体系有助于全方位评估新型智慧城市建设水平, 为智慧城市建设提供有效的建议和措施。

1 评价指标体系的构建

1.1 文献综述

开展智慧城市的建设评价具有重要意义, 既有

收稿日期: 2021-09-20

基金项目: 安徽省教育厅高校人文社科重大项目 (SK2019A0631)

作者简介: 汪金华 (1998—), 女, 硕士研究生, 研究方向: 工程管理;

刘艳 (1977—), 女, 副教授, 硕士, 研究方向: 工程管理。

助于了解智慧城市的发展现状,也有助于提升智慧城市的发展水平。武家名(2018)通过实证分析将智慧城市的发展驱动要素归为可持续发展与产业发展、基础设施建设、公共服务、创新生产,并运用相关理论模型结合模糊综合评价法对沈阳的智慧城市建设做出评价^[3]。姜军等(2019)基于公众视角从智慧城市建设成熟度出发,从智能设施、基础服务和网络信息管理方面为北京市智慧城市建设评价提供建议^[4]。陈伟清、赵文超等(2019)从区域经济学角度出发,构建了民生服务、基础设施、信息产业、科技创新和价值实现 5 个一级指标,并利用主成分分析将南宁市与其他若干城市进行对比分析,总结得出南宁市的建设重点应放在人民生活、产业结构和基础设施^[5]。胡军燕等(2020)借助面板数据从智慧生活、智慧经济、智慧治理、智慧人群和智慧环境 5 个维度对城市智慧度进行评价和分类,通过分析相关因子得出智慧城市建设的重点应该在保持主导因子稳步发展的同时加强短板^[6]。段伟伟(2021)从基础设施、交通、产业、民生、教育、网络和医疗 7 个方面对安徽省 16 个地级市的智慧城市建设进行评价分析^[7]。国家发改委 2018 年发布的新型智慧城市指标中提高了市民体验和惠民服务两项指标的权重^[8]。

1.2 评价指标选取

“智慧城市是运用物联网、云计算、大数据、空间地理信息集成等新一代信息技术,促进城市规划、建设、管理和服务智慧化的新理念和新模式。”通过阅读文献和国家相关政策可以发现,智慧城市建设的评价重点包括基础设施、智能科技、经济发展、交通枢纽、便利生活和信息网络等方面,所以对智慧城市的建设评价也应该围绕以上内容。因此,本文构建了基础设施、科技创新、智慧环境和智慧经济 4 个指标层(见表 1)。其中基础设施包括交通发展水平和信息网络便捷度两方面,并以此构建 5 个指标;科技创新主要包括科研创新成果、相关机构设置,从科技发展潜力角度构建 4 个指标;智慧环境从绿化环境、医疗供给和便民服务 3 个方面构建 6 个指标;经济主要考虑了地方经济、产业发展方面的 4 个指标。以上指标以我国智慧城市建设现状为依据,综合考虑了智慧城市建设的发展需求和现有的智慧城市评价指标。

表 1 智慧城市发展水平评价指标体系

指标层	变量层
基础设施	X1:固定电话用户/万户
	X2:移动电话用户/万户
	X3:宽带接入用户/万户
	X4:市政道路长度/千米
	X5:民用机动数量/辆
科技创新	X6:专利申请数/件
	X7:专利授权数/件
	X8:R&D 研究机构数/个
	X9:R&D 研究与试验发展人员/人
智慧环境	X10:医疗卫生机构数
	X11:园林绿地面积/公顷
	X12:建成区绿化覆盖率/%
	X13:城市污水集中处理率/%
	X14:城市燃气普及率/%
智慧经济	X15:农村居民人均收入水平/元
	X16:规模以上工业企业总产值/亿元
	X17:建筑业企业资产/万元
	X18:地方财政收入/万元

2 智慧城市发展水平的主成分分析

2.1 评价方法

现有的评价指标体系大多采用模糊综合评价法、层次分析法和专家打分法,这些评价方法主观因素很强,故评价结果的客观性较弱。而主成分分析目的是尽量避免原始数据信息的遗漏以及可变空间的降维,用较少的综合变量反映出多个变量所包含的信息,能够进一步简化分析,并且增加结果的精确度,使评价结果更加客观有效。因此,本文采用主成分分析法对合肥市的智慧城市建设水平进行测评,分析存在的问题并提出建议。

2.2 数据来源

为了更好地研究智慧城市建设水平,本文从不

同区域选取了新一线城市中建设水平处于优势的合肥、西安、沈阳、杭州、南京、苏州、青岛等七座城市,对比分析各城市的建设情况和数据,所采用的样本数据多来源于 2019 年《中国统计年鉴》和各省市统计年鉴以及政府有关工作报告。

2.3 主成分分析

主成分分析是一种对原始变量进行降维,然后利用少数互不相关的综合变量来涵盖原始变量的分析方法。假设原始变量具有 m 个样本,每个样本具有 n 个观测值,原始变量矩阵为:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

主成分分析就是将 n 个观测变量综合成新的变量:

$$\begin{cases} F_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \\ F_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \\ F_3 = a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + \cdots + a_{3n}x_n \end{cases} \quad (2)$$

式中, $F_1, F_2 \cdots F_n$ —第 1 主成分,第 2 主成分 \cdots 第 n 主成分; $a_{11}, a_{21} \cdots a_{nm}$ —主成分系数。得到各个主成分后,根据上述进行主成分的提取:

$$\alpha_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (3)$$

式中, α_i —第 i 个主成分方差贡献率,表明每个分量对原始变量信息的解释程度; λ_i —相关系数矩阵的特征根。累计方差贡献率 M_k 反映了前 k 个主成分的信息综合能力,计算公式为:

$$M_k = \sum_{i=1}^k \alpha_i \quad (4)$$

提取前 k 个主成分进行分析评价。

根据相关系数矩阵计算出其特征值,选取数值大于 1 的特征值从大到小依次排序为 6.591、4.588、4.043、1.789。旋转后的相关系数特征值、贡献率和累积贡献率如表 3 所示。从表 3 所列数据可以看出,前 4 个特征值旋转平方和分别为 5.198、4.481、4.331、3.001,均大于 1 且累积贡献率达到 94.505%,大于 85%。根据主成分提取原则,前 4 个主成分能够代表 18 个指标的整体信息,表明这 4 个主成分联合起来完全可以反映智慧城市建设的综合水平,因此选取 4 个主成分 F_1, F_2, F_3, F_4 。

计算特征值可以得出因子荷载矩阵,如表 3 所示。

从表 3 和表 4 中可以看出第一主成分中, X_1 (固定电话用户)、 X_2 (移动电话用户)、 X_9 (R&D 研究与试验发展人员)、 X_{15} (农村居民人均收入水平)、 X_{18} (地方财政收入)的变量绝对值系数比较大,这几项指标包含经济指标、科技指标和公共服务指标,因此可以认为是评价智慧城市的驱动性因子,它的贡献率也最高,为 28.877%;在第二个主成分中系数比较大的是 X_{11} (园林绿地面积)、 X_{12} (建成区绿化覆盖率)、 X_3 (互联网宽带接入用户)、 X_5 (民用机动数量)、 X_6 (专利申请数)、 X_7 (专利授权数)、 X_8 (R&D 研究机构数),其中 X_6, X_7, X_8 集中反映的是科研创新成果,故可以认为 F_2 是推动智慧城市建设的科技支撑因素;第三主成分中主要反映的是医疗资源和便民生活,因此可以认为 F_3 是影响智慧城市建设的民生服务因子;第四主成分是产业指标,因此可以认为 F_4 是评价智慧城市价值实现因子。随后运用回归算法得出成分得分系数矩阵,如表 4 所示。根据主成分荷载矩阵和成分得分计算最后结果,其综合评价模型为 $F = (36.617F_1 + 25.942F_2 + 22.46F_3 + 9.937F_4) / 94.505$,计算结果和排名如表 5 所示。

表 2 相关系数特征值

组件	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %
1	6.591	36.617	36.617	6.591	36.617	36.617	5.198	28.877	28.877
2	4.588	25.492	62.108	4.588	25.492	62.108	4.481	24.894	53.77
3	4.043	22.46	84.568	4.043	22.46	84.568	4.331	24.061	77.831
4	1.789	9.937	94.505	1.789	9.937	94.505	3.001	16.674	94.505

表 3 主成分荷载矩阵

主成分	因素	成分			
		1	2	3	4
F1	X1	0.815	0.393	-0.295	0.127
	X2	0.767	0.531	-0.331	0.118
	X9	0.834	0.040	0.491	-0.223
	X15	0.724	-0.082	0.472	0.338
	X18	0.734	-0.308	-0.186	0.550
F2	X11	-0.077	0.871	0.399	0.212
	X12	0.353	-0.819	0.372	-0.247
	X3	0.477	-0.622	0.090	0.002
	X5	0.635	0.661	0.348	-0.037
	X6	0.707	-0.578	-0.276	0.162
	X7	0.544	-0.542	-0.518	0.297
	X8	0.585	0.517	0.499	-0.377
F3	X10	0.045	0.509	-0.802	0.176
	X13	0.697	-0.196	-0.511	-0.458
	X14	0.249	-0.390	0.728	0.463
	X16	0.683	0.316	0.650	-0.077
F4	X4	0.555	0.495	-0.599	0.117
	X17	-0.599	0.206	0.334	0.672

表 4 成分得分系数矩阵

主成分	因素	成分			
		1	2	3	4
F1	X1	0.317	0.183	-0.147	0.095
	X2	0.299	0.248	-0.165	0.088
	X9	0.325	0.019	0.244	-0.167
	X15	0.282	-0.038	0.235	0.253
	X18	0.286	-0.144	-0.093	0.411
F2	X11	-0.030	0.407	0.198	0.159
	X12	0.137	-0.382	0.185	-0.185
	X3	0.186	-0.290	0.045	0.001
	X5	0.247	0.309	0.173	-0.028
	X6	0.275	-0.270	-0.137	0.121
	X7	0.212	-0.253	-0.258	0.222
	X8	0.228	0.241	0.248	-0.282
F3	X10	0.018	0.266	-0.399	0.132
	X13	0.271	-0.092	-0.254	-0.342
	X14	0.097	-0.182	0.362	0.346
	X16	0.266	0.148	0.323	-0.058
F4	X4	0.216	0.231	-0.298	0.087
	X17	-0.233	0.096	0.166	0.502

表 5 各主成分得分以及排名

城市	F1	排名	F2	排名	F3	排名	F4	排名	F	总排名
合肥	-1.725	5	-2.129	6	1.149	3	-0.987	6	-1.074	6
沈阳	-2.202	6	0.881	3	-1.543	6	-1.373	7	-1.127	7
西安	0.125	4	1.844	2	-2.785	7	-0.261	3	-0.143	3
杭州	2.624	2	-0.365	5	-1.341	5	1.887	1	0.798	2
南京	1.680	3	-3.466	7	-0.038	4	-0.272	4	-0.322	4
苏州	3.057	1	2.469	1	2.832	1	-0.848	5	2.434	1
青岛	-3.559	7	0.767	4	1.726	2	1.854	2	-0.567	5

2.4 研究结论与分析

2.4.1 合肥市智慧城市总体水平分析

从最终的得分和排名可以得出,所选取的新一线城市中,苏州、杭州、西安排名靠前,合肥市排名靠后。苏州是国家高新技术产业开发区,毗邻上海市,上海市的部分产业由于自身竞争力不足纷纷落户苏州,促进了苏州的发展;杭州以旅游为主线,带动了第三产业的发展,为第一、第二产业的发展提供了经济基础,并且借助优惠政策吸引外资投入,推动了杭州发展;西安作为国家的中心城市之一,具有深厚的文化底蕴,丰富的教育资源也为企业注入了更多的人才资源,助推企业项目和西安的城市发展。与其他新一线城市相比,合肥不具备地理位置的优势,也没有强大的产业支持,优秀人才较为匮乏,

智慧城市处于起步阶段。

2.4.2 合肥市智慧城市具体指标分析

通过对合肥的排名来看,合肥的民生服务因子排名靠前,说明合肥的医疗服务齐全,市民生活满意度比较高。第一主成分的排名处于靠后,表明合肥的公共服务建设相对于其他新一线城市还存在一定差距,信息基础设施建设相对较晚。科技创新因子的排名处于末端,说明合肥市的科技创新发展落后。合肥近年来在各个领域的科技水平都有所提高,但是技术服务城市发展的应用还比较有限,助力构建智慧城市的新兴科技力量崛起较慢。合肥的科研扶持资金大多来源于政府,但是由于自主创新能力有限,核心技术和产品大多数来源于进口。一方面,依赖进口会增加智慧城市建设的成本;另一方面,

企业为了获取利润,会投入更多精力引进先进技术、扩大企业规模,而非研究开发自己的核心技术,导致自身的科技创新水平停滞不前。价值实现方面排名落后主要是因为合肥市缺乏专业型人才对企业转型和发展进行指导,产业发展落后。

2.4.3 智慧城市影响因素分析

主成分总分排名和第一成分排名比较接近,说明在这些影响因子中第一成分影响较大,具有综合性评价力。第二成分为科技支撑因素,说明一个城市的发展离不开科技创新力量,技术创新是推动城市前进的动力。影响智慧城市建设的因素有很多,但第一和第二成分的比重较大,影响效果达到一半以上,也能说明智慧城市的发展重点是科技创新和民生基础建设。

各个城市的发展受到各种因素的影响不同,综合实力也存在差异。排名前二的城市得分为正,其余城市分数为负,且排名第一的城市和其他城市的分数相差很大。排名靠前的城市经济实力较强,这与其强大的产业结构支撑有着密切联系。因此,产业结构对促进智慧城市的建设有重要作用。

3 智慧城市发展建议与政策

3.1 政府方面

合肥的地理位置并不优越,也没有丰富的矿产资源,交通运输不便,智慧城市的发展主要依靠政府帮扶。因此需要政府主导,提供政策优势,加强制度保障。政府应该积极引导企业加强原创技术的研发和应用,特别是与智慧合肥相关的大数据、云计算、人工智能、互联网等领域。

3.2 人才培养方面

合肥拥有很多高校,然而智慧城市建设的人才培养问题却没有得到足够重视,专业技术的创新人才缺口问题日益严重。可以鼓励中国科学技术大学、安徽大学、合肥工业大学等高校联合开展相关科研项目、培养专业人才。同时大力引进专业型人才,推出人才落户优惠政策,为合肥市的产业结构优化注入新活力。

3.3 公共服务方面

合肥市应充分利用人工智能、大数据等新一代信息技术,建立跨部门跨地区共建共享、业务协同的服务体系,坚持一切工作以服务居民为核心。目

前,合肥市着眼于深化“互联网+政务服务”,强化政务服务“一网、一门、一次”改革,推进新一代政务云、市大数据平台、“互联网+政务服务”平台等基础性项目整合统建,建成了覆盖市县乡村四级的一体化网上政务服务平台。

3.4 产业方面

如今,“芯屏器合”“集终生智”等新兴产业名词已经成为合肥闪耀的名片,一批具有国内乃至国际竞争力的新兴产业龙头企业拔地而起。合肥市应该把握住新一轮全球科技革命和产业变革的机遇,推动战略新兴产业成为创新驱动的主引擎,通过产业发展推动智慧城市建设。

4 结语

本文运用主成分分析的方法,对包括合肥在内的7个新一线城市的智慧城市建设水平进行比较,全面客观地评价合肥市智慧城市建设水平。通过分析可以发现,合肥市与过去相比,智慧城市建设有一定进展,但也存在一些问题,包括经济发展缓慢、信息化服务滞后、科学技术水平偏低等,需要政府带动,实现产业结构转型和优化,重视企业创新和人才培养,不断提升智慧城市影响力和建设水平。

参考文献:

- [1] 和礼明. 智慧城市建设现状与发展趋势研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018(27): 197.
- [2] 唐斯斯, 张延强, 单志广, 等. 我国新型智慧城市发展现状、形势与政策建议[J]. 电子政务, 2020(4): 70-80.
- [3] 武家名. 智慧城市建设成熟度评价研究[D]. 锦州: 辽宁工业大学, 2018.
- [4] 姜军, 孙优宁, 万冬君. 公众视角下智慧城市建设成熟度评价体系构建[J]. 北京建筑大学学报, 2019, 35(2): 7-15.
- [5] 陈伟清, 赵文超, 张学垚. 基于主成分分析法的南宁市新型智慧城市研究[J]. 生态经济, 2019, 35(4): 99-103.
- [6] 胡军燕, 修佳钰, 潘灏. 基于面板数据的城市智慧度评价与分类[J]. 统计与决策, 2020, 36(7): 76-80.
- [7] 赵维树, 段伟伟. 基于因子和聚类分析的安徽省智慧城市发展评价[J]. 安徽建筑大学学报, 2021, 29(2): 27-33.
- [8] 肖拥军, 王伟玲. 基于主成分法的智慧城市发展评估研究[J]. 工业经济论坛, 2015, 2(4): 37-46.