

智慧城市的投影寻踪评价模型与实证研究*

廖胭脂¹, 楼文高^{1,2}

(1.上海理工大学管理学院,上海 200093;2.上海商学院管理学院,上海 200235)

摘要:为应对金融危机及各种城市问题,发展智慧城市是当前城市建设的重要举措。该文从五个方面构建了17个指标组成的智慧城市评价指标体系,同时收集了14个城市2010年-2014年的数据,建立了智慧城市投影寻踪评价模型,对这五年各城市的智慧化发展水平和各个评价指标的重要性进行排序和分类研究。建模结果表明:广州、深圳、上海、北京的智慧化水平始终处于前列;17个评价指标中,前11个指标占总权重的83.4%。根据评价结果提出提升城市智慧化水平的建议,同时利用TOPSIS法和主成分分析法对城市智慧化水平进行评价,说明投影寻踪这种评价方法的科学性和合理性。

关键词:智慧城市;投影寻踪;综合评价;实证研究

中图分类号:F291 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-2404(2017)79-0055-07

在2008年全球性金融危机的影响下,IBM首次提出了“智慧地球”这一理念,2010年正式提出了“智慧的城市”愿景,通过智慧城市建设不仅可以为未来城市发展提供新模式,而且可以带动物联网产业的发展,在世界范围内掀起一股风暴,各主要经济体纷纷将发展智慧城市作为应对金融危机、扩大就业、抢占未来科技制高点的重要战略。智慧城市的建设已在全球不同城市展开,截至2015年6月底,中国已超过500个城市在进行智慧城市试点,各城市分别提出了不同的规划、意见或实施方案。因此,建立一套系统、科学的评价体系,对不同城市的智慧化水平进行评估,比较各城市智慧发展的成果,能较更好地了解中国智慧城市建设的当前状况,为今后智慧城市的发展提供建议。

近来,对智慧城市研究的学者很多,研究方法也很多,如刘笑音、郑淑荣运用主成分分析方法对东部11个城市进行了智慧城市发展潜力评价;刘维跃等建立了熵权TOPSIS智慧城市评价模型,以京津沪为实例进行探究;项勇、任宏运用了ANP-TOPSIS方法对四川省的四个城市进行了智慧城市评价研

究;邹凯、包明林基于灰色关联理论和BP神经网络对15个城市进行了智慧城市发展潜力评价;任利成、张明柱用聚类分析法对中国50个城市的智慧城市发展水平进行了综合分析和分类;王振源、段永嘉运用层次分析法构建了一套适合中国智慧城市发展的评价指标体系。这些方法都存在其适用的条件,一旦条件不满足,其结果的可信度会大大降低。例如文献由熵权法得到的权重可以看出,排在后面的四个指标几乎没有意义(权重太小),排在第一的是指标P22,这一指标的权重占40.73%,在这个评价体系中所占比重太大,显然是不合理的;神经网络所需数据样本量大,建模过程复杂,易出现“过训练”现象,必须遵循一定基本原则才可能得到可靠结果(楼文高,乔龙),文献中有20个输入变量,只有10个训练变量,显然不满足BP神经网络建模条件。

由Friedman等提出的非线性、高维、非正态分布数据建模的投影寻踪分类(PPC)模型,很多学者运用此方法来研究不同领域的问题,吴瑶等应用于高层建筑火灾风险评估;楼文高、熊聘应用于长江水系水质综合评价、预测方面的研究;虞玉华、楼文高应用于体育期刊学术水平的综合评价。可见,投影寻踪是一种运用广泛的研究方法,笔者将应用投影寻踪模型来对中国14个城市2010年-2014年的智慧化建设水平进行综合评价,同时分别采用TOPSIS法、主成分分析法进行评价,通过比较分析进一步证明投影寻踪模型的科学性和合理性。

收稿日期:2017-03-12

作者简介:廖胭脂,研究生,主要从事投影寻踪等数据挖掘技术理论及其应用、综合评价理论及其应用等方面的研究;楼文高,教授,博士,主要从事人工神经网络、投影寻踪等数据挖掘技术理论及其应用、综合评价理论及其应用等方面的研究。

E-mail:736254036@qq.com

*基金项目:上海高校知识服务平台“上海商贸服务业知识项目服务中心”建设项目资助(ZF1226)。

1 构建智慧城市评价指标体系

1.1 构建评价指标体系

近来,国内外不少学者和研究机构提出了智慧城市评价指标体系。IBM在2009年发布的《智慧的城市在中国》白皮书中提出智慧城市建设应该基于人、商业、运输、通信、水和能源六大系统。作为国内首个公开发布的中国版智慧城市指标体系,上海浦东智慧城市发展研究院于2011年发布了《智慧城市指标体系1.0》后,经过修改完善后在2012年发布了《智慧城市指标体系2.0》,可分为智慧城市基础设施、智慧城市公共管理和服务、智慧城市信息服务经济发展、智慧城市人文科学素养、智慧城市市民主观感知、智慧城市软环境建设等6个维度,包括18

个要素、37个指标。陈铭、王乾晨等从基础设施领域、城市智慧产业领域、城市智慧服务领域、城市智慧人文领域四个方面构建了23个评价指标。孙斌、严波等构建了智慧基础设施、智慧产业经济、智慧政务、智慧民生和城市特色5项一级指标,包括了17个二级指标、112个三级指标。刘维跃等从智慧城市基础设施、智慧城市公共管理和服务、智慧城市信息服务经济发展、智慧城市人文科学素养、智慧城市市民主观感知5个维度,包括了19个二级指标、55个三级指标。综合以上学者和研究机构提出的智慧城市评价指标体系,遵循系统性、可操作性、有效性、可比性、可持续性原则,构建了5个一级指标,20个二级指标的智慧城市初始评价指标体系如表1。

表1 智慧城市评价指标体系

一级指标		二级指标
智慧城市评价指标体系	A1 信息化基础设施	X1 移动电话普及率(户/百人)
		X2 固定电话主线普及率(线/百人)
		X3 ^(a) 互联网宽带接入率(户/百人)
		X4 污水处理率(%)
	A2 公共管理服务	X5 每万人拥有公共交通工具(辆)
		X6 每万人实有病床数(张)
		X7 每万人拥有公共图书馆藏书量(册)
		X8 人均公园绿地面积(平方米/人)
		X9 地区人均生产总值(元)
	A3 城市价值实现	X10 社会固定资产投资占地区GDP比重(%)
		X11 城镇居民人均可支配收入(元)
		X12 ^(a) 城镇居民人均消费性支出(元)
		X13 地区普通高等学校在校人数(万人)
	A4 科学人文素养	X14 ^(a) 研究与试验发展(R&D)经费内部支出占GDP比重(%)
		X15 专利申请授权数(件)
		X16 研究与试验发展(R&D)人数(万人)
		X17 城市绿化覆盖率(%)
	A5 智慧环保状况	X18 二氧化氮年日均值($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		X19 二氧化硫年日均值($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		X20 可吸入颗粒年日均值($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

注:带^(a)为相关性分析删除的指标

1.2 样本选取与数据收集

选取北京、上海、天津、合肥、宁波、深圳、佛山、广州、烟台、南京、武汉、成都、兰州和无锡这14个城市作为研究样本。这14个城市是国家智慧城市建设首批试点城市,各种基础设施的建设较完善,经济发展水平较高,智慧城市建设的配套设施相对齐全,

智慧城市的建设有了一定的成效。数据主要来源于各城市的《统计年鉴》、《国民经济与社会发展统计公报》、《环境状况公报》等,收集了2010年-2014年共计70组样本数据。

经过相关性分析,删除同一准则层中相关系数大于0.8的评价指标,其中X1和X3的相关系数为0.898,X11和X12的相关系数为0.829,X14和X16

的相关系数为 0.983,删除 X3, X12, X14,从而构建了由 17 个指标组成的智慧城市评价指标体系。

2 投影寻踪分类(PPC)建模原理简介

投影寻踪分类(PPC)是由 Friedman 等提出的一种将整体散布程度和局部聚集程度结合起来进行聚类和分析的方法,应用最广的是一维 PPC 模型。

2.1 样本数据归一化预处理

设 $X_{ij} = (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$ 为第 i 个样本的第 j 个指标值,为样本原始数据, n 是样本数量, m 是评价指标个数。为消除量纲,需对样本数据进行归一化处理,如下:

(1) 对于正向指标

$$x_{ij} = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin})$$

(2) 对于负向指标

$$x_{ij} = (X_{jmax} - X_{ij}) / (X_{jmax} - X_{jmin})$$

其中, X_{jmax}, X_{jmin} 分别为第 j 个指标的最大值和最小值。

2.2 构造投影寻踪目标函数和求解最佳投影向量

构造合理的目标函数是投影寻踪的核心和关键, Friedman 等提出的“使样本投影点整体上尽可能分散,局部上尽可能密集”,即目标函数为使样本投影值标准差 S_z 与局部密度值 D_z 乘积的最大化,即: $Q(a) = \max(S_z \times D_z)$

$$s.t. \sum_{j=1}^m a_j^2 = 1, 1 \geq a_j \geq -1 \dots\dots\dots (1)$$

其中,样本投影值标准差

$$S_z = \sqrt{\{\sum_{i=1}^m [z(i) - E(z)]^2\} / (n-1)}, S_z \text{ 越大,}$$

投影点在整体上越分散;局部密度值 $D_z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [R - r_{ij}] * u [R - r_{ij}]$ 越大, D_z 投影点局部越密集,其他参数的意义和公式详见文献。

由上式,投影密度窗口半径 R 值影响其最优化结果——最佳投影向量和样本投影值,文献探究了

R 值的本质及其对建模结果的影响,提出了 R 值的合理范围为 $r_{max}/5 \leq R \leq r_{max}/3$ 。由于(1)式为高维、复杂的非线性不等式约束最优化问题,很难求得真正的全局最优解。采用 PSO 算法对进行最优解求解。根据文献提出的通过先后两次改变一半指标的归一化方式,如果前后两次求得的目标函数值相等以及权重互为相反数,则可判定求得了真正的全局最优解,否则,必须重新优化求解。

3 智慧城市评价的 PPC 实证研究

3.1 数据归一化预处理

按照 2.1 中的公式对所有指标的数据进行归一化预处理,初步判断二氧化氮年日均值(X18)、二氧化硫年日均值(X19)、可吸入颗粒年日均值(X20)为负向指标,采用负向指标的归一化方式处理,其余均为正向指标,采用正向指标的归一化方式处理,归一化的结果均为越大越好。

3.2 智慧城市评价的 PPC 实证研究

将归一化后的数据导入 PSO 投影寻踪程序中,采用 $R = r_{max}/5$,经过多次试验,且通过先后两次改变一半指标的归一化方式,目标函数值保持不变而最佳投影方向值(相当于综合评价中的权重)互为相反数的原则,得到了真正的全局最优解:投影值标准差 $S_z = 0.5067$,局部密度 $D_z = 1\ 947.9954$,投影指标函数 $Q(a) = 987.1394$,各评价指标的最佳投影方向 $a(j) = (0.3352, 0.2158, 0.3008, 0.1115, 0.2130, 0.1910, 0.2009, 0.3192, -0.1207, 0.3121, 0.2954, 0.1280, 0.0548, 0.2929, 0.0157, 0.2989, 0.3465)$,指标 X10 的权重为负,说明之前判断的 X10 的性质有误,在此评价体系中, X10 应为负向指标。得到的 70 个样本的投影值及排名结果如表 2。

表 2 14 个城市 2010-2014 年智慧城市 PPC 投影值及其排名

城市	投影值					投影值总 增长率	智慧城市水平排名					排名 变化
	2010	2011	2012	2013	2014		2010	2011	2012	2013	2014	
北京	1.7882	1.9498	2.1035	2.2361	2.3850	33.37%	4	5	4	3	3	1
上海	1.9371	2.0059	2.1932	2.1794	2.3292	20.24%	3	3	3	4	4	-1
天津	1.1707	1.3812	1.4075	1.2449	1.4050	20.02%	13	13	13	13	13	0
合肥	1.3040	1.5319	1.5581	1.6199	1.6882	29.47%	12	12	12	12	12	0
宁波	1.6394	1.7318	1.9232	1.9955	2.0840	27.12%	6	7	6	6	7	-1
深圳	2.2228	2.4349	2.6114	2.6377	2.7928	25.65%	2	2	2	2	2	0

佛山	1.4145	1.5882	1.6945	1.7203	1.9895	40.65%	11	11	11	10	8	3
广州	2.4355	2.6586	2.8308	2.9393	3.0651	25.85%	1	1	1	1	1	0
烟台	1.4450	1.7081	1.8470	1.8601	1.7686	22.39%	10	8	8	8	11	-1
南京	1.7713	1.9499	2.0509	1.9970	2.1956	23.95%	5	4	5	5	5	0
武汉	1.5408	1.7388	1.8616	1.8912	2.0887	35.56%	8	6	7	7	6	2
成都	1.4725	1.5982	1.6967	1.6882	1.9133	29.93%	9	10	10	11	10	-1
兰州	0.4546	0.5860	0.8490	1.0650	1.0925	140.30%	14	14	14	14	14	0
无锡	1.5507	1.6461	1.8076	1.7713	1.9317	24.57%	7	9	9	9	9	-2

注:1.投影值总增长率为2014年投影值相比2010年的增长率;2.排名变化为2014年相比2010年

3.3 结果与分析

3.3.1 评价指标的重要性

最佳投影方向值越大,其评价指标在这个投影寻踪模型中越重要,在这17个评价指标中,X20可吸入颗粒年日均值对智慧城市评价的影响最大,其投影方向值为0.3466,X18二氧化氮年日均值影响最小,其投影方向值为0.0157,二者之比达到22.14,对评价结果影响较大的还有移动电话普及率、地区人均生产总值、城镇居民人均可支配收入。由此,各地区政府在加快智慧城市建设过程中,应重点关注这些评价指标。将这些评价指标的投影方向值按从大到小排列顺序是X20、X1、X9、X11、X4、X19、X13、X17、X2、X6、X8、X7、X15、X10、X5、X16、X18,可以把上述17个评价指标分为极重要、重要、较重要和次要四类,第一类五个指标,包括X20、X1、X9、X11、X4(大于0.3),第二类六个指标,包括X19、X13、X17、X2、X6、X8(大于0.2),第三类四个指标,包括X7、X15、X10、X5(大于0.1),第四类两个指标,包括X16、X18(小于0.1)。第一类中五个极重要指标的投影方向值都大于0.3,占总权重的43%,智慧城市评价结果的高低主要取决于第一类和第二类指标值的大小,约占总权重的83.4%。

3.3.2 五个方面对智慧城市评价的重要性

在智慧城市评价指标体系中,五个一级指标代表了五个方面,每个方面的权重占总权重依次为14.7%(A1),27.1%(A2),20%(A3),12.8%(A4),25.4%(A5),可以看出每个方面所占的权重比较平均,其中A2对智慧城市水平的影响最大,A5的重要性次之。A2公共管理服务是智慧城市建设最核心的部分,其涵盖了居民生活的方方面面,是城市居民生活智慧程度和幸福感的直接影响因素。有关智慧城市评价指标体系的文献中,很少学者将环保状况单独作为一个一级指标,在此提出是因为近几年

人们深受雾霾的严重影响,环境问题成为一个全民关注的话题,希望环保这一方面在智慧城市建设中得到重要关注,在此评价模型中,A5智慧环保状况是第二重要的一级指标,可见其在智慧城市评价中是不可或缺的一部分。

3.3.3 智慧城市建设水平的分类、排序和变化情况

根据表2中五年的排名情况,智慧城市建设水平由大到小是广州、深圳、上海、北京、南京、宁波、武汉、无锡、烟台、成都、佛山、合肥、天津、兰州。将这14个城市的智慧化水平分成三类,第一类包括广州、深圳、上海、北京;第二类包括南京、宁波、武汉、无锡、烟台、成都;第三类包括佛山、合肥、天津、兰州。由于城市之间存在经济、地理、人才、政治、文化等方面的差异,导致了智慧城市水平的差距很大,比如2014年广州的投影值是兰州的2.8倍。第一类中的四大城市拥有先天优势,使其在智慧城市评价中取得了很好的成绩。排在第一位的广州,作为中国南方最大的海滨城市,是中国南方的经济、金融、贸易、航运、政治、军事、文化、科教中心;深圳作为中国重点开发的经济特区,具有高新技术、物流、金融、服务等四大产业集群的发展优势;上海作为国际化大都市,拥有先天的地理优势,经济实力、科技投入、人才汇聚等方面使其快速发展;北京作为中国首都,全国政治、文化、国际交往、科技创新中心。这4个地区的智慧城市建设水平处于前列,不仅是智慧城市建设的努力结果,更是由其先天具有的优势决定的。

从2014年相比2010年的排名变化看,佛山、武汉、北京三个城市排名提高了,分别提高了3位、2位、1位;天津、合肥、南京、兰州、深圳、广州六个城市的排名情况未变;上海、宁波、烟台、成都、无锡五个城市的排名情况下降了,其中无锡下降了2位,其他均下降了1位。从投影值总增长率可以看出,从

2010年-2014年,这14个城市的智慧化水平都有提高,其中,增长最大的是兰州,2014年相比2010年,投影值总增长率为140.3%,最少的是天津,为20.02%。大部分城市的智慧化水平都是逐年提升,有少部分城市在这五年期间,出现过某一年停滞不前的现象,甚至有的出现降低的现象,如:烟台从2010年到2013年,智慧化水平一直都是逐年提升,到2014年,相比2013年,投影值降低了4.92%;天津这五年显示的规律是先增再减再增的趋势,导致这五年总增长率最小;兰州从2010年到2014年,虽然投影值总增长率为140.3%,但是2014年相比2013年的增长率仅为2.58%,可见经过几年的智慧城市建设后,部分地区的智慧城市建设工作有所懈怠。

4 其他方法的实证研究

TOPSIS法是根据有限评价方案与理想化目标的接近程度,对现有评价方案进行相对优势评价的一种方法,且必须通过其他方法来确定指标的权重。笔者分别采用信息熵法和变异系数法来确定指标的权重,数据的归一化方式同PPC(指标X18、X19、X20的数据采用负向指标归一化方式处理,其余数据采用正向化处理),得到结果如表3,17个指标的

权重在这两种评价方法下都是大于0的,根据上文PPC方法的研究可知,X10在此评价体系中为负向指标,显然这两种确定权重的方法并不能说明指标的正负向性,而PPC具有这个特点。由于这两种方法得到的权重不同,最终运用TOPSIS法的评价结果也不同。运用主成分分析法进行评价时,数据的归一化方式同PPC,得到的KMO测量值为0.593,小于0.7,说明此样本数据不适合应用主成分分析进行评价,得到的综合权重如下表3,X18的权重显示为负,显然是错误,因为X18二氧化氮年日均值为负向指标,在数据归一化时已正向化,故最终得到的综合评价结果也是不合理的。根据表3可知,由于各种方法赋权重的原理不同,得到的各指标的权重及重要性也不同。PPC的原理是符合最理想分类和评价要求的,即把样本点整体上形成若干类(团),类与类之间尽可能分开,而类样本点尽可能密集。总的来说,PPC这种适用于高维、非线性、非正态分布数据分析的方法,不必像TOPSIS利用其它方法提前设置权重,也不像主成分分析法对样本数据要求很高,而且能得到比较可靠直观的全局最优解,因此为智慧城市评价提供了一种新的评价方法。

表3 不同方法确定的权重及其排名

方法	PPC	排序	变异系数法	排序	信息熵权	排序	PCA	排序
X1	0.0955	2	0.0676	6	0.0584	8	0.0900	3
X2	0.0615	9	0.0694	5	0.0609	7	0.0874	4
X4	0.0857	5	0.0218	17	0.0122	17	0.0612	11
X5	0.0318	15	0.0544	9	0.0530	9	0.0637	10
X6	0.0607	10	0.0530	10	0.0475	10	0.0698	9
X7	0.0544	12	0.0758	4	0.0916	4	0.0864	5
X8	0.0572	11	0.0657	7	0.0615	6	0.0762	7
X9	0.0909	3	0.0470	12	0.0385	13	0.0547	12
X10	-0.0344	14	0.0651	8	0.0679	5	-0.0352	16
X11	0.0889	4	0.0440	14	0.0371	14	0.0732	8
X13	0.0841	7	0.0787	3	0.1057	2	0.0808	6
X15	0.0365	13	0.0823	2	0.0973	3	0.0500	13
X16	0.0156	16	0.1053	1	0.1224	1	0.0432	14
X17	0.0834	8	0.0338	16	0.0262	16	0.0922	2
X18	0.0045	17	0.0489	11	0.0425	11	-0.0240	17
X19	0.0851	6	0.0415	15	0.0353	15	0.0949	1
X20	0.0987	1	0.0458	13	0.0417	12	0.0355	15

注:1.PPC和PCA均为归一化后的权重;2.权重排序是以绝对值排序

5 建议

为加快中国智慧城市发展,提高现代城市人民的生活质量,结合研究结果,提出以下几点建议:

(1)发挥优势城市的带动作用。广州、深圳、上海、北京作为智慧化水平处在前列的四大城市,应该积极发挥带头作用,带动其他城市智慧化的发展,其他城市也应该以这些城市为榜样,结合自身的特点,扬长避短,形成符合自身城市建设的发展模式。(2)关注重要指标,有利于城市智慧化水平的提高。特别是极重要和重要指标,其权重占总权重的83.4%,城市管理者若将这两类指标作为今后城市发展的重点对象,则城市的智慧化发展水平将会取得明显的提高。(3)加强公共管理服务方面的建设。在前文的研究结果中,公共管理服务这一方面对智慧城市水平的影响最大,城市管理者应按照“便民、利民、惠民”的原则,围绕政府行政、道路交通、医疗卫生、教育、环境监测、社会保障等公共服务方面的需求,提高人民生活质量,提升人民的智慧程度,这是智慧城市重要的衡量标准。(4)加强环保方面建设。从前文可知,可吸入颗粒年日均值是最重要的二级指标,智慧环保状况是第二重要的一级指标,要提高城市的智慧水平,加强环保方面的建设非常重要,近来受雾霾影响,环境问题引起了人们的关注,在追求其他方面智慧发展的同时不应该以牺牲环境为代价,环保建设应存在于智慧城市建设的各个方面。智慧城市的建设是一个长期的、复杂的、不断更新的动态过程,需要城市的各个系统的配合与协调,希望中国的智慧城市发展越来越好。

参考文献

- [1] 巫细波,杨再高.智慧城市理念与未来城市发展[J].城市管理,2010(11):56-60.
- [2] 刘笑音,郑淑荣.基于主成分方法的我国智慧城市发展潜力评价——根据东部11个城市数据[J].科技管理研究,2013(22):75-79.
- [3] 刘维跃,王海龙,刘凯歌,等.运用熵权/TOPSIS组合模型构建智慧城市的评价体系——以京津沪为实例[J].现代城市研究,2015(1):31-36.
- [4] 项勇,任宏.基于ANP-TOPSIS方法的智慧城市评价研究[J].工业技术经济,2014(4):131-136.
- [5] 邹凯,包明林.基于灰色关联理论和BP神经网络的智慧城市发展潜力评价[J].科技进步与对策,2015

- (17):123-128.
- [6] 任利成,张明柱.我国智慧城市发展水平的聚类分析[J].科技管理研究,2014(14):58-62.
- [7] 王振源,段永嘉.基于层次分析法的智慧城市建设评价体系研究[J].科学管理研究,2014(17):165-170.
- [8] 楼文高,乔龙.基于神经网络的金融风险预警模型及其实证研究[J].金融论坛,2011(11):52-61.
- [9] Friedman JH, Tukey JW. A projection pursuit algorithm for exploratory data analysis[J]. IEEE Transactions on Computers, 1974, 23(9):881-890.
- [10] 吴瑶,冯国珍,楼文高.投影寻踪法在高层建筑火灾风险评估中的应用[J].灾害学,2016(3):196-201.
- [11] 楼文高,熊聘.长江水系水质综合评价、预测的投影寻踪建模与实证研究[J].地球环境学报,2014(5):344-352.
- [12] 虞玉华,楼文高.体育类期刊学术水平综合评价与实证研究——基于决策者偏好的投影寻踪建模技术[J].北京体育大学学报,2015(12):46-54.
- [13] 陈铭,王乾晨,张晓海,等.“智慧城市”评价指标体系研究——以“智慧南京”建设为例[J].城市发展研究,2011(5):84-89.
- [14] 孙斌,严波,尚雅楠.基于系统动力学的包头市智慧城市评价体系研究[J].城市发展研究,2016,23(8).
- [15] 付强,赵小勇.投影寻踪模型原理及其应用[M].科学出版:2006,46-50.
- [16] 楼文高,乔龙.投影寻踪分类建模理论的新探索与实证研究[J].数理统计与管理,2015(1):47-58.

Projection Pursuit Model for Evaluation and Empirical Research of Smart City

LIAO Yanzhi¹, LOU Wengao^{1,2}

(1. College of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai200093, China;

2. College of Management, Shanghai Business School, Shanghai200235, China)

Abstract: In response to the financial crisis and a variety of urban problems, developing the smart city is an important method of the current urban construction. From the five aspects of information infrastructure, public administration and service, urban value realization, scientific and humanistic quality, wisdom environmental conditions, this paper builds a smart city evaluation index system with 17 indexes. First, the paper collects data of 14 cities from 2010 to 2014 and establishes the projection pursuit model for evaluation of smart city. Then it sorts and classifies the intelligence development level of each city in the five years and the importance of each evaluation index. The results show that the wisdom level of Guangzhou, Shenzhen, Shanghai and Beijing is always in the forefront. The most important eleven indexes take up 83.4% of the 17 indexes. According to the evaluation results, some suggestions for improving the city intelligence level are provided. At the same time, by using the TOPSIS method and principal component analysis method, it illustrates that this projection pursuit evaluation method is scientific and reasonable.

Key words: smart city; projection pursuit; comprehensive evaluation; empirical research