

基于主成分分析和因子分析的城市设施水平的评价

阮万清, 张鸿艳, 冯玉铁

(黑龙江科技大学 理学院, 哈尔滨 150027)

摘要:通过主成分分析方法对黑龙江省主要城市市政设施进行排序和分类。然后,利用因子分析方法对分类结果的合理性进行探索,得出我省各地区在市政建设方面的优势与不足。最后,为今后市政建设的发展提出科学、合理的建议。

关键词:城市设施水平;主成分分析;因子分析;因子旋转

中图分类号:O212.4 文献标志码:A 文章编号:1671-1807(2013)06-0089-03

2013 年是十二五规划的承上启下年,十二五规划要求黑龙江省在工业化、城镇化、市场化、国际化等方面得到深入发展,经济结构加快转型,科技和教育整体水平提升,基础设施日益完善,区域社会协调发展,现代化水平得到提高。因此,对黑龙江省来说,对各个地区城市设施水平进行评价,对改善和提高省内各地区的城市设施水平,促进经济社会的全面发展有重要意义^[1]。

主成分分析是将多个指标化为少数几个综合指标的一种统计方法。它主要的特点是排除了原有指标之间相关性的干扰,方法客观。因子分析是通过变量相关系数矩阵内部结构的研究,找出能控制所有变

量的少数几个公共因子,进而降低其维数,是探索分类原因的有利方法之一。

1 指标体系的建立

x_1 为城市用水普及率%; x_2 为城市燃气普及率%; x_3 为每万人拥有公共交通工具(标台); x_4 为人均城市道路面积(平方米); x_5 为人均公园绿地面积(平方米); x_6 为每万人拥有公共厕所数(座); x_7 为每万人高校数(所/万人); x_8 为每万人医生数(人/万人); x_9 为人均住宅使用面积(平方米/人)。数据如表 1 所示。

表 1 指标体系表

地 区	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
哈 尔 滨	92.17	99.12	16.3	9.7	10	1.38	0.1	33.59	23.2
齐 齐 哈 尔	97.75	95.65	14.41	8	9.95	7.07	0.035	26.35	25.6
鸡 西	99.91	82.36	12.48	7.41	9.31	7.01	0.011	19.68	24.29
鹤 岗	82.18	49.44	9.327	6.76	15.29	9.29	0.015	26.73	24.84
双 鸭 山	100	52.97	13.38	7.27	14.62	7.99	0.02	18.27	23.56
大 庆	91.97	99.74	19.54	24.09	13.62	2.48	0.06	49.25	34
伊 春	71.54	36.19	5.089	10.18	20.25	7.84	0.012	25.71	24.87
佳 木 斯	91.83	77.06	9.396	8.27	12.9	13.2	0.037	37.54	29.28
七 台 河	86.46	65.95	12.14	11.58	12.08	6.67	0.017	16.1	24
牡 丹 江	92.4	85.6	14.91	13.57	10.52	10.9	0.067	33.11	20
黑 河	80.42	67.13	21.32	10.91	14.69	6.69	0.052	14.95	28
绥 化	95.31	56.25	26.71	6.67	7.66	6.1	0.011	2.85	21

收稿日期:2013-03-26
基金项目:黑龙江省教育厅科研项目(12521471)
作者简介:阮万清(1979—),女,黑龙江安达人,黑龙江科技大学理学院,讲师,硕士研究生,研究方向:系统理论与鲁棒控制、统计学。

2 方法介绍

2.1 主成分分析^[2]

$$F_1 = a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \cdots + a_{p1}x_p$$

$$F_2 = a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{p2}x_p$$

$$\cdots \qquad \cdots \qquad \cdots$$

$$F_p = a_{1p}x_1 + a_{2p}x_2 + \cdots + a_{pp}x_p$$

其中

$$a_{1i}^2 + a_{2i}^2 + \cdots + a_{pi}^2 = 1$$

主成分 $F_1, F_2, \cdots, F_p$ 之间相互独立,即无重叠的信息,即 $Cov(F_i, F_j) = 0, i \neq j \quad i, j = 1, 2, \cdots, p$

主成分的方差依次递减,重要性依次递减,即 $Var(F_1) \geq Var(F_2) \geq \cdots \geq Var(F_p)$

2.2 因子分析^[3]

$$x_1 = u_{11}F_1 + u_{12}F_2 + \cdots + u_{1m}F_m + \epsilon_1$$

$$x_2 = u_{21}F_1 + u_{22}F_2 + \cdots + u_{2m}F_m + \epsilon_2$$

$$\cdots \qquad \cdots \qquad \cdots$$

$$x_p = u_{p1}F_1 + u_{p2}F_2 + \cdots + u_{pm}F_m + \epsilon_p$$

且满足以下条件:

- i) $m \leq p$;
- ii) $Cov(F, \epsilon) = 0$,即 F 和 ϵ 是不相关的;
- iii) $F_1 \cdots F_m$ 不相关且方差皆为 1 ,即

$$D(F) = \begin{bmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & \ddots & \\ & & & 1 \end{bmatrix}$$

$\epsilon_1, \epsilon_2, \cdots, \epsilon_p$ 不相关,且方差各不相同,即

$$D(\epsilon) = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & & & \\ & \sigma_2^2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & \sigma_p^2 \end{bmatrix}$$

3 数据处理

数据处理^[4] :

- 1)对原始数据进行初始化。
- 2)建立变量的相关系数矩阵 R 。
- 3)求 R 的特征值和特征向量。
- 4)给出主成分:前三个特征值的累积贡献率已经达到 79.86 % ,得到前三个主成分,如表 2 所示。

于是,前三个主成分为:

第一主成分: $F_1 = 0.403x_1 + 0.910x_2 + 0.464x_3 + 0.693x_4 - 0.428x_5 - 0.577x_6 + 0.778x_7 + 0.613x_8 + 0.438x_9$

第二主成分: $F_2 = -0.678x_1 - 0.152x_2 - 0.559x_3$

$+ 0.504x_4 + 0.847x_5 + 0.090x_6 + 0.086x_7 + 0.635x_8 + 0.641x_9$

第三主成分: $F_3 = 0.403x_1 + 0.303x_2 - 0.547x_3 - 0.226x_4 - 0.177x_5 + 0.630x_6 + 0.046x_7 + 0.419x_8 - 0.076x_9$

表 2 前三个主成分

	Component		
	1	2	3
Zscore(X_1)	0.403	-0.678	0.403
Zscore(X_2)	0.910	-0.152	0.303
Zscore(X_3)	0.464	-0.559	-0.547
Zscore(X_4)	0.693	0.504	-0.226
Zscore(X_5)	-0.428	0.847	-0.177
Zscore(X_6)	-0.577	0.090	0.630
Zscore(X_7)	0.778	0.086	0.046
Zscore(X_8)	0.613	0.635	0.419
Zscore(X_9)	0.438	0.641	-0.076

Component Matrix

于是,可以得出

在第一主成分中, x_2, x_4, x_7, x_8 的系数较大,说明第一主成分主要突出城市燃气普及率、人均城市道路面积、每万人高校数、每万人医生数所反映的城市设施的综合指标。在第二主成分中, x_1, x_5, x_9 的系数较大,说明第二主成分主要突出城市用水普及率、人均公园绿地面积、人均住宅使用面积所反映的城市设施的综合指标。在第三主成分中, x_6 的系数较大,说明第二主成分主要突出每万人拥有公共厕所数所反映的城市设施的综合指标。

5)根据各地区的主成分得分计算相应综合得分,综合得分的计算公式为(加权系数):

$$F = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}F_1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}F_2 + \frac{\lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}F_3$$

其中 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 为 R 的特征值。

经计算得出综合得分为: $F = 0.4695F_1 + 0.3612F_2 + 0.1693F_3$

数据如表 3 所示。

由表 2 可知,各个主成分的排名不尽相同。其中,第一主成分排名靠前的是大庆、哈尔滨、齐齐哈尔、牡丹江,说明它们在城市燃气普及率,人均城市道路面积,每万人高校数,每万人医生数方面具有较高的水平;第二主成分排名靠前的伊春、大庆、佳木斯、鹤岗,说明它们在城市用水普及率、人均公园绿地面

积、人均住宅使用面积具有较好的评价;第三主成分排名靠前的是佳木斯、牡丹江、齐齐哈尔、鸡西,说明

这些地区在每万人拥有公共厕所数方面具有优势。

表 3 主成分排名

地区	F_1	排名	F_2	排名	F_3	排名	F	排名
哈 尔 滨	2.171 756	2	-0.309 62	8	-0.038 58	7	1.823 561	2
齐 齐 哈 尔	0.669 925	3	-0.456 16	10	0.160 566	3	0.374 336	5
鸡 西	-0.171 54	6	-0.775 6	11	0.143 271	4	-0.803 86	7
鹤 岗	-1.690 67	11	0.487 981	4	0.041 291	6	-1.161 4	9
双 鸭 山	-1.096 68	10	-0.274 32	7	0.042 046	5	-1.328 95	11
大 庆	3.433 385	1	0.850 254	2	-0.156 11	10	4.127 524	1
伊 春	-2.351 68	12	1.231 715	1	-0.133 11	9	-1.253 07	10
佳 木 斯	-0.202 5	7	0.499 131	3	0.375 939	1	0.672 573	3
七 台 河	-0.687 81	8	-0.202 62	6	-0.084 34	8	-0.974 76	8
牡 丹 江	0.657 869	4	-0.379 33	9	0.231 233	2	0.509 769	4
黑 河	0.002 605	5	0.438 57	5	-0.302 89	12	0.138 287	6
绥 化	-0.734 66	9	-1.195 59	12	-0.279 32	11	-2.209 57	12

综合得分大于零,表示城市设施水平在平均值之上,即大庆、哈尔滨、佳木斯、牡丹江、齐齐哈尔、黑河;综合得分小于零,表示城市设施水平在平均值之下,即鸡西、七台河、鹤岗、伊春、双鸭山、绥化。

从综合得分来看,城市设施水平处于上游的是大庆、哈尔滨、佳木斯、牡丹江、齐齐哈尔。这些地区的综合水平相对较高;处在中游的是黑河、鸡西、七台河;处在下游的鹤岗、伊春、双鸭山、绥化。加大对城市基础设施建设,提高城市设施的综合发展,加快住房建设、污水和垃圾的处理设施建设,加大对城市园林绿化建设。建设美丽家园,改善我们居住的环境对城市的发展具有重要的意义^[5]。

6)因子旋转(如表 4)。

表 4 旋转后的主因子

	Component		
	1	2	3
Zscore(X_1)	-0.040	0.884	0.034
Zscore(X_2)	0.654	0.693	0.185
Zscore(X_3)	-0.089	0.355	0.832
Zscore(X_4)	0.802	-0.150	0.347
Zscore(X_5)	0.167	-0.907	-0.286
Zscore(X_6)	-0.272	-0.026	-0.814
Zscore(X_7)	0.656	0.330	0.276
Zscore(X_8)	0.937	0.037	-0.275
Zscore(X_9)	0.718	-0.296	0.068

Rotated Component Matrix(a)

第一公因子中 x_2, x_4, x_7, x_8, x_9 的系数较大,说明第一公因子主要突出城市燃气普及率,人均城市道

路面积,每万人高校数,每万人医生数,人均住宅使用面积所反映的城市设施的综合指标。在第二公因子中, x_1, x_5 的系数较大,说明第二公因子主要突出城市用水普及率、人均公园绿地面积所反映的城市设施的综合指标。在第三公因子中, x_3, x_6 的系数较大,说明第三公因子主要突出每万人拥有公共交通工具、每万人拥有公共厕所数所反映的城市设施的综合指标。

4 主要结论和对策

本文通过主成分分析方法对黑龙江省主要城市市政设施进行排序,然后采用因子分析法进行论证,我们发现主成分分析的结论和因子分析的结论基本一致,这说明我们选用方法的正确性。黑龙江省主要城市间城市市政建设发展不平衡,有着多方面的因素。如有自然条件和历史的原因,也有经济和政策的原因。根据城市设施指标发现,处于上游的城市为大庆、哈尔滨、佳木斯、牡丹江和齐齐哈尔。这些城市分别具有历史传统、地理位置、人文素质的优势。如哈尔滨是黑龙江省的省会,也是黑龙江省的政治、经济、商贸、信息的中心。而大庆是石油资源丰富的地区,客观上具有更强的内在生长机制,所以城市设施水平较高^[6]。

作者认为,政府部门应该根据城市设施水平的评价结果,制定科学的规划,使资金、技术向一般城市倾斜,促进省内各城市的协调发展。

参考文献

[1] 黑龙江“十二五”规划纲要全文(2011—2015 年)[EB/OL]. 中国 (下转第 115 页)

- Power and Energy Systems, 2003(2):167—172.
- [3] ENGEL E, FISHER R, Galetovic A. Highway franchising: pitfalls and opportunities[J]. American Economic Review, 1997(87):68—72.
- [4] 初金章. 蒙特卡罗模拟成本风险分析中的应用[D]. 青岛:青岛市公路管理局, 2010.
- [5] 张树建. 高速公路的交通流量构成与增长分析[J]. 天津建设科技, 2000(2):21—23.
- [6] ESTHER MALINI. Build Operate Transfer Municipal Bridge Projects in India [J]. Journal of Management in Engineering, 1999(5):51—58.
- [7] 秦旋. 基于 CAPM 的 BOT 项目特许期的计算模型[J]. 管理工程学报, 2005, 19(2):60—63.
- [8] YE S D, ROBERT L K T. NPV-at-risk method in infrastructure project investment evaluation[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2000(3):227—233.
- [9] 李启明, 申立银. 基础设施 BOT 项目特许权期的决策模型[J]. 管理工程学报, 2000, 14(1):43—46.
- [10] 赵立力, 谭德庆. BOT 项目特许权期和投资规模决策分析[J]. 运筹与管理, 2007, 16(8):40—49.
- [11] 周晶, 何建敏, 杨宏伟. 基于委托代理模型 BOT 模式的有效性分析[J]. 东南大学学报, 2005, 35(3):489—492.
- [12] 杨宏伟, 周晶, 何建敏. 基于博弈论的交通 BOT 项目特许权期的决策模型[J]. 管理工程学报, 2003, 17(3):93—95.
- [13] 待玉成, 万法菊. 城市供 BOT 项目特许权期决策的博弈分析[J]. 南京工程学院学报, 2006, 4(2):28—33.
- [14] 鲍海君, 申立银, 吴宇. 基础设施 BOT (build-operate-transfer) 项目特许权期决策的 Bargaining 博弈模型[J]. 浙江大学学报, 2010, 37(2):161—165.
- [15] 杨屹, 郭明靓, 危文秀. 基于期权博弈的基础设施项目二阶段特许权期决策模型[J]. 中国软科学, 2007(6):81—84.
- [16] 赵国杰, 何涛. 基于实物期权的 BOT 项目特许期决策模型研究[J]. 北京理工大学学报, 2010, 12(5):27—30.
- [17] 覃正标, 蒲云, 胡敏杰. 基于模糊实物期权的基础设施 BOT 项目价值研究[J]. 北京交通大学学报, 2009, 8(2):48—53.

Study on Decision Method of BOT Concession Period

HANG Sheng-ce, TIAN Fang-hua

(Management School of Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract: concession period length decision is one of the core problems of Expressway BOT concession. In determining the concession period is directly related to the interests of the host government and the item company distribution, if the concession period is longer, the host country's interests; the concession period shorter will affect the interests of item company, which will lead to the failure of BOT projects. This paper analyzes some factors affecting the concession period, and analyze the effects of these factors on concession period decision-making, based on the Monte Carlo method to determine the concession period model, the theory method system which provides to judge and decision-making of BOT project concession period.

Key words: infrastructure; concession period; the BOT project; Monte Carlo

(上接第 91 页)

- 经济网, http://district.ce.cn/zt/zlk/bg/201206/11/t20120611_23397695.shtml.
- [2] 于秀林, 任雪松. 多元统计分析[M]. 北京: 中国统计出版社, 1999:154—166.
- [3] 余锦华, 杨维权. 多元统计分析与应用[M]. 广州: 中山大学出版社, 2006:210—224.
- [4] 罗应婷, 杨钰娟. SPSS 统计分析——从基础到实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007:285—300.
- [5] 董梅生, 张佳佳. 基于因子分析与聚类分析的城市设施水平综合评价[J]. 安徽工业大学学报: 社会科学版, 2012(4):16—19.
- [6] 王欣. 基于因子分析的城市设施水平综合评价[J]. 科技创业, 2012(4):16—17.

Evaluation of Principal Component Analysis and Factor Analysis of the City Facility Level Based on

RUAN Wan-qing, ZHANG Hong-yan, FENG Yu-tie

(School of Science, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China)

Abstract: In this paper, by the method of principal component analysis ordination and classification of municipal facilities in our province are main city. Then, on the classification of the rationality of exploring the use of factor analysis method, obtains the superiority in the municipal building of each area of our province and deficiency. Finally, for the future development of municipal construction put forward the scientific, reasonable suggestions.

Key words: the level of city facilities; PCA; factor analysis; factor rotation