

Evaluation and Analysis of Comprehensive Competitiveness of Liaoning Province Based on Factor Analysis

Lanling Liu, Deshan Sun

School of Mathematics, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning
Email: 1171911810@qq.com

Received: Mar. 4th, 2020; accepted: Mar. 20th, 2020; published: Mar. 27th, 2020

Abstract

Liaoning has 14 prefecture-level cities, including Shenyang, Dalian and they play an important part in the whole country. Therefore, this thesis uses the factor analysis method, calculates the main factor score and the comprehensive score of 14 cities according to the relevant economic indicators, and gives the ranking. At the same time, 14 cities in Liaoning Province were classified and their pedigree maps were drawn by using the method of systematic clustering. It has an important reference value and a great guiding role for the local government in the economic regulation and control of the region.

Keywords

Factor Analysis, Cluster Analysis, Urban Competitiveness

基于因子分析的辽宁省城市综合竞争力评价分析

刘兰苓, 孙德山

辽宁师范大学, 数学学院, 辽宁 大连
Email: 1171911810@qq.com

收稿日期: 2020年3月4日; 录用日期: 2020年3月20日; 发布日期: 2020年3月27日

摘要

辽宁拥有 14 个地级市, 其中更是拥有两个副省级城市沈阳、大连, 放眼全国也扮演着极其重要的角色。

本文利用了因子分析的方法,根据相关经济指标计算出主因子得分以及 14 个城市的综合得分,给出排名。同时用系统聚类的方法对辽宁省 14 个城市进行了分类,画出谱系图。对当地政府对本地区的经济调控具有重要参考价值和极大的指导作用。

关键词

因子分析, 聚类分析, 城市竞争力

Copyright © 2020 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

如果想要研究某一地区经济发展好坏, GDP 是最好的衡量指标。但是要研究城市的综合竞争力, 单看经济是不够的, 还需要加入其他指标。国内外研究城市竞争力的方法很多, 张晨瑶[1]以东北三省城市为研究对象, 选取 29 个指标组成评价指标体系, 采用主成分分析法对东北三省 34 个地级及以上城市竞争力进行定量评价, 研究其在 2009、2012、2016 年三个时间断面上的演变特征和规律, 并提出对策建议。熊妮君[2]等人从经济实力、生活水平、社会公平、生态环境、人才与科技创新能力、开放程度、交通便捷、信息水平 8 个方面选取 34 个指标组成适应广西的城市竞争力评价指标体系, 选择广西与广东各地级市的城市竞争力进行比较分析, 从中寻找广西城市竞争力存在的问题, 并在此基础上, 对广西城市竞争力的提升提出若干策略和建议。黄国妍[3]等人利用复杂网络分析方法, 从先进生产性服务业(APS)和先进制造业(AM)两个维度, 除测度“点中心度”外, 还应用“点出度”、“点入度”和“中间中心度”等多重指标分析比较了全球主要城市对外构建网络的能力、吸纳资源的能力、控制辐射能力及通道枢纽功能, 进一步完善了城市网络竞争力评价指标体系。本文利用因子分析的方法对辽宁省 14 个城市进行了分析, 得到了较好的结果。

2. 模型的介绍

2.1. 系统聚类

与 K 均值聚类法相比, 系统聚类法有一个优点是它可以输出一个有关各个观测的树形表示, 称作谱系图。

系统聚类的谱系图可通过执行一个十分简单的算法得到。在执行该算法前, 需要先定义观测之间的一些差异度量指标, 其中最常用的是欧式距离。

系统聚类算法的实现:

1) 首先, 计算 n 个观测中所有 $\binom{n}{2} = n(n-1)/2$ 对每两个数据之间的相异度(比如欧式距离), 将每个观测看作一类。

2) 令 $i = n, n-1, \dots, 2$:

i) 在 i 个类中, 比较任意两类之间的相异度, 找到相异度最小的(即最相似的)那一对, 将他们结合起来。用两个类之间的相异度表示这两个类在谱系图中交汇的高度。

ii) 计算剩下的 $i-1$ 个新类中, 每两个类之间的相异度。

2.2. 因子分析的理论介绍

因子分析理论的形成, 学术界一般认为是 Charles Spearman 提出的, 他最先利用这种方法来测试学生智力得分, 目前因子分析在社会经济等方面取得了巨大的发展。因子分析法主要是把一些过于复杂的变量转化成无关的新的因子的方法, 它的思想把变量重新分组, 分组的依据是相关性的大小, 使得具有较高相关性的变量分到一组[4]。

因子分析和主成分分析的思想近乎一致, 都是降维, 但因子分析是主成分分析的推广, 原始变量的相关矩阵是因子分析的出发点。

因子分析模型[5]:

$$\begin{cases} X_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \cdots + a_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\ X_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \cdots + a_{2m}F_m + \varepsilon_2 \\ \vdots \\ X_p = a_{p1}F_1 + a_{p2}F_2 + \cdots + a_{pm}F_m + \varepsilon_p \end{cases}$$

称之为因子模型。它的矩阵形式为: $X = AF + \varepsilon$, 其中

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{p1} & a_{p2} & \cdots & a_{pm} \end{bmatrix}$$

为因子载荷矩阵。

因子分析模型的假设:

- 1) $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)'$ 是可观测随机向量, 且 $E(X) = 0$, $\text{cov}(X) = \Sigma$, 且 Σ 等于相关矩阵 R 。
- 2) $F = (F_1, F_2, \dots, F_m)'$ ($m < p$) 是不可观测的变量, $E(F) = 0$, $\text{cov}(F) = I$, 即向量 F 的各个分量是互相独立的。
- 3) $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p)'$ 与 F 相互独立, 且 $E(\varepsilon) = 0$, ε 的协方差矩阵 Σ_ε 是对角阵:

$$\text{cov}(\varepsilon) = \Sigma_\varepsilon = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & & & 0 \\ & \sigma_{22}^2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & \sigma_{pp}^2 \end{bmatrix}$$

即 ε 的各分量之间也是互相独立的。

因子载荷的求解:

因子分析大致可分为三个步骤: 确定因子载荷、计算因子得分、因子旋转。本文主要是运用主成分法确定因子载荷, 设 $m < p$, 其中一个因子载荷矩阵为:

$$A = (\sqrt{\lambda_1}\gamma_1, \sqrt{\lambda_2}\gamma_2, \dots, \sqrt{\lambda_m}\gamma_m)$$

其中 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$ 是样本相关矩阵 R 的特征根, $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_p$ 为对应的标准正交化后的特征向量。

3. 建立模型与分析结果

3.1. 数据的预处理

我们选取 2017 年辽宁省 14 个地级城市的相关数据指标, 生产总值记为 x_1 , 人均生产总值记为 x_2 , 固定资产投资记为 x_3 , 社会消费品零售总额记为 x_4 , 第三产业记为 x_5 , 财政预算收入记为 x_6 , 财政预

算支出记为 x_7 , 公路货运量记为 x_8 , 公路客运量记为 x_9 , 普通高等学校专任教师数量记为 x_{10} , 科技活动人员记为 x_{11} , 医疗卫生机构数量记为 x_{12} , 进出口总额记为 x_{13} 同样地, 我们依然需要对数据进行归一处理。

3.2. 因子分析法分析结果

利用 R 软件进行因子分析, 取三个因子, 可得到因子载荷矩阵如表 1。

Table 1. Factor loading matrix

表 1. 因子载荷矩阵

	Factor1	Factor2	Factor3
x_1	0.999	0	0
x_2	0.827	-0.464	0.310
x_3	0.984	0	0.110
x_4	0.980	0.190	0
x_5	0.996	0	0
x_6	0.993	0	0
x_7	0.987	0.127	0
x_8	0.832	-0.156	0.118
x_9	0.820	0.475	0.216
x_{10}	0.925	0.324	0
x_{11}	0.989	0.132	0
x_{12}	0.675	0.437	0
x_{13}	0.859	-0.364	-0.354

由表 1, 我们可以发现第一主因子基本稳定在 0.90 附近, 也就是说, 第一主因子之间相差不大, 进而方差就不大, 这就很难能解释背后的意义, 但因子分析与主成分分析的不同在于因子分析的结果可通过因子旋转使得更容易用业务知识加以解释, 本次分析为了使得因子更容易加以解释, 我们可以进行因子旋转[6] [7] [8], 旋转后的结果如表 2。

Table 2. Load matrix after factor rotation

表 2. 因子旋转后的载荷矩阵

	Factor1	Factor2	Factor3
x_1	0.663	0.491	0.564
x_2	0.256	0.898	0.351
x_3	0.639	0.599	0.463
x_4	0.784	0.401	0.470
x_5	0.700	0.465	0.540
x_6	0.733	0.487	0.473
x_7	0.731	0.402	0.547

Continued

x_8	0.451	0.599	0.410
x_9	0.924	0.268	0.137
x_{10}	0.860	0.339	0.337
x_{11}	0.750	0.450	0.481
x_{12}	0.780	0.143	0.163
x_{13}	0.234	0.455	0.856

同时我们也可以得到每个主因子的贡献率以及累计贡献率, 如表 3。

Table 3. Contribution rate of main factors and cumulative contribution rate

表 3. 主因子的贡献率以及累积贡献率

	Factor1	Factor2	Factor3
贡献率	0.470	0.243	0.229
累积贡献率	0.470	0.713	0.943

利用 R 软件进行因子分析程序设计, 可计算出各个因子的得分以及综合得分, 通过比较各个城市的综合得分, 可给出各个城市的综合竞争力排名, 如表 4。

Table 4. City comprehensive competitiveness scores and rankings

表 4. 城市综合竞争力得分及排名

城市	Factor1 scores	Factor2 scores	Factor3 scores	Composite score	ranking
沈阳	3.294020714	0.53868719	-0.74873055	1.59876079	1
大连	0.244090369	1.39313798	3.14117031	1.24346024	2
鞍山	0.016129662	0.01761694	-0.20713262	-0.03772165	3
锦州	0.004550783	-0.48327531	-0.11149573	-0.14934205	4
营口	-0.580007339	0.58118809	-0.24324958	-0.19838695	5
盘锦	-0.930436887	2.23713634	-1.31569521	-0.20676077	6
抚顺	-0.313436173	0.24827297	-0.51241546	-0.21667848	7
丹东	-0.215868013	-0.63498109	0.09657745	-0.24776472	8
葫芦岛	-0.128610039	-0.86533152	0.08508876	-0.26642307	9
朝阳	-0.080706426	-1.01743717	0.14525385	-0.26713268	10
铁岭	-0.034014638	-1.21356812	0.14473591	-0.29452748	11
辽阳	-0.435710847	0.05392598	-0.38073095	-0.29572373	12
本溪	-0.632672233	0.26284897	-0.24550995	-0.30721678	13
阜新	-0.207328933	-1.11822126	0.15213378	-0.35454266	14

由表 4 可看出, 在辽宁省 14 个城市中, 沈阳, 大连保有绝对优势。沈阳作为辽宁省的行政中心, 也是东北三省的中心城市, 其实力毋庸置疑。而大连作为副省级城市, 也是计划单列市, 并且拥有沿海优势, 其实力丝毫不弱于沈阳。相比沈阳、大连, 辽宁省其他城市的竞争力不足, 鞍山作为辽宁第三大城

市, 东北最大的钢铁工业城市, 在改革开放的进潮中, 逐渐被拉开差距。锦州作为辽宁省西部区域性中心城市, 很好的完成了模范带头作用。而阜新本溪等城市, 由于经济相对落后, 故在竞争力排名中很难有所突破。为了直观比较出近几年辽宁省 14 个城市的发展状况, 我们选取了 2016 年和 2015 年辽宁省各个城市的发展指标, 同样利用因子分析给出排名, 排名结果见表 5。

Table 5. Comprehensive scores and rankings of cities in Liaoning in 2015 and 2016
表 5. 2015 和 2016 年辽宁各城市综合得分及排名

城市	2015 年		2016 年	
	Composite score	ranking	Composite score	ranking
沈阳	1.7164530	1	1.75905492	1
大连	1.1947532	2	1.20522468	2
鞍山	0.0142542	3	-0.01393658	3
锦州	-0.1588124	4	-0.15436021	4
营口	-0.2456962	9	-0.23976681	6
盘锦	-0.3207371	12	-0.28526957	11
抚顺	-0.2409794	8	-0.23517088	5
丹东	-0.2303807	6	-0.28203394	10
葫芦岛	-0.2715287	10	-0.26552303	9
朝阳	-0.2261834	5	-0.24664924	7
铁岭	-0.2378227	7	-0.25507771	8
辽阳	-0.3131425	11	-0.30718412	12
本溪	-0.3497113	14	-0.33369722	13
阜新	-0.3304661	13	-0.34561091	14

为了更直观的比较出辽宁省各城市在 2015~2017 年间的发展变化, 我们画出了这三年各城市的竞争力排名折线图, 如图 1。

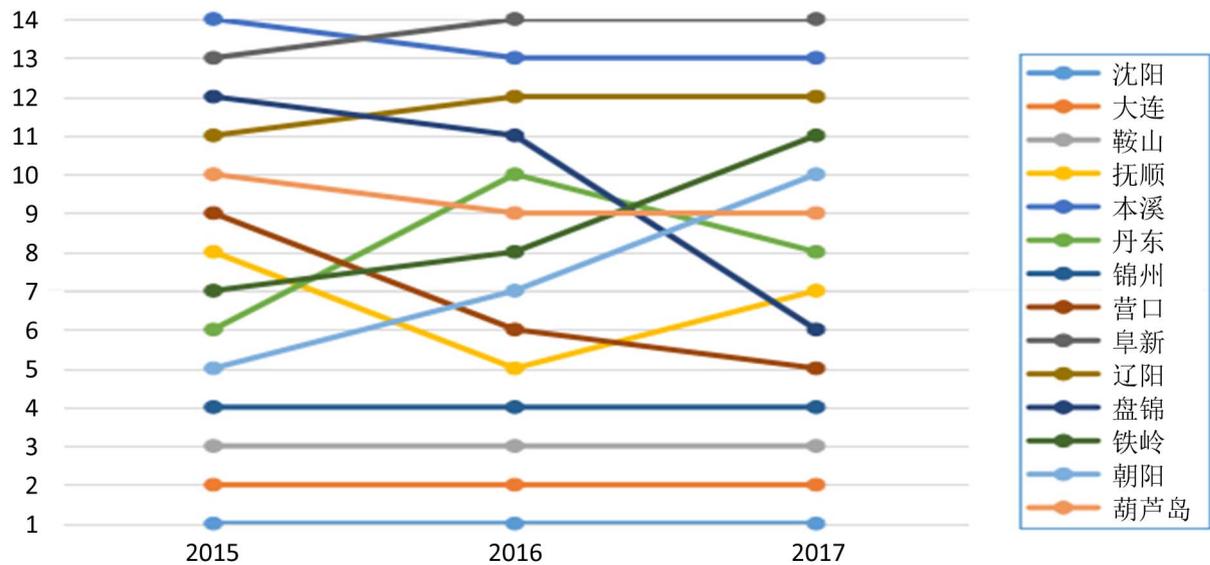


Figure 1. Line chart of competitiveness ranking of cities in Liaoning from 2015 to 2017
图 1. 2015~2017 年辽宁各城市竞争力排名折线图

由折线图 1 可知, 近三年来, 沈阳、大连、鞍山、锦州发展较为稳定; 盘锦, 营口稳中有升; 丹东, 抚顺并不稳定; 铁岭, 朝阳却持续下降。因此, 在接下来辽宁省的发展中, 要继续保持沈阳大连的领先优势, 也要兼顾阜新, 本溪等持续前进, 更希望本溪能够利用沈阳经济圈打造自身优势。同时铁岭, 朝阳也要发现问题, 总结不足, 及时止住下降的趋势。

3.3. 系统聚类分析结果

利用 R 对辽宁省 14 个地级城市相关数据进行系统聚类分析, 数据选取 2017 年的相关指标, 可得谱系图如图 2。

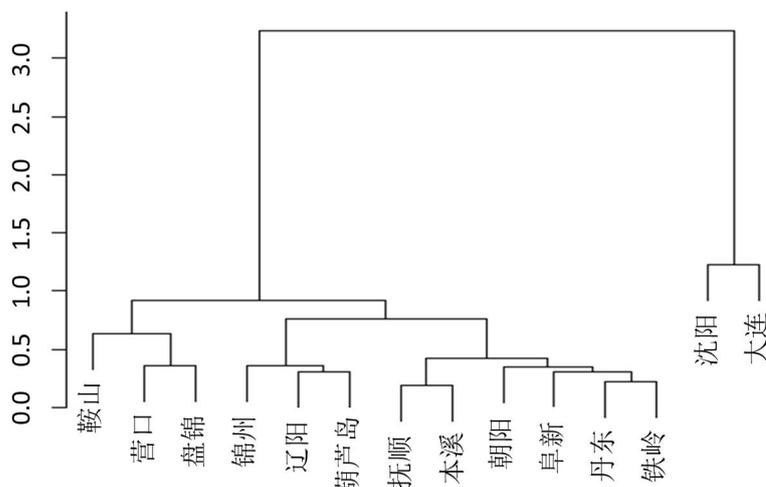


Figure 2. System clustering pedigree
图 2. 系统聚类谱系图

4. 结论

由谱系图可知, 辽宁省 14 个城市大致可以分为四类: 即第一类为沈阳; 第二类为大连; 第三类为鞍山、锦州、营口、盘锦; 第四类为阜新、朝阳、铁岭、葫芦岛、抚顺、辽阳、本溪、丹东。如此分类也从因子分析得到的各城市的因子得分排名得到了印证。由系统聚类结果, 沈阳、大连各自为一类, 说明近年来大连的发展似乎遇到的一些瓶颈, 与同省的沈阳已拉开差距, 最新的中国城市等级分类中沈阳成功进入新一线城市行列, 而大连却由新一线降为二线城市, 这也使本文的聚类结果得到了印证。

基金项目

辽宁省自然科学基金指导计划项目(编号: 2019-ZD-0471)。

参考文献

- [1] 张晨瑶. 东北三省城市竞争力评价研究[J]. 中国国情, 2019(5): 47-51
- [2] 熊妮君, 黄慧妍, 肖雄方, 陈虹桔, 戴洁琳. 比较视角下的广西城市竞争力研究[J]. 现代经济信息, 2019(2): 489-491.
- [3] 黄国妍, 刘江会, 姜鑫涛, 贾高清. 基于复杂网络分析方法的国内外主要城市竞争力比较研究[J]. 城市发展研究, 2019, 26(1): 38-46.
- [4] 刘林军, 吴黎军. 基于因子分析的我国西部 12 城市经济发展状况实证分析[J]. 重庆理工大学学报(自然科学版), 2010, 24(11): 118-122.

- [5] 马丽娜. 基于因子分析的陕西各城市综合经济实力分析[J]. 电脑知识与技术:学术交流, 2018(12Z): 256-258.
- [6] 郑阳. 基于主成分分析的辽宁省城市竞争力评价[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [7] 李娟文, 王启仿. 中国副省级城市经济可持续发展能力差异综合评价[J]. 经济地理, 2001, 21(6): 665-668.
- [8] 李超楠. 几种山东省 GDP 的预测方法及其比较[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2018.