

主成分分析法在城市交通可持续发展评价中的应用

朱林波

(西南交通大学交通运输与物流学院 四川 成都 610031)

摘 要: 通过主成分分析法将成都城市交通可持续发展的 23 项评价指标化为 3 个主成分,并对各主成分作出符合实际意义的解释,然后利用各主成分的得分曲线对成都不同时期城市交通可持续发展进行比较分析,得出影响成都城市交通可持续发展的波动因素。文章所采用的主成分分析法能够克服传统方法中“模糊性”“主观性”等问题,对城市交通可持续发展进行客观评价。

关键词: 主成分分析; 可持续发展; 城市交通; 成都

中图分类号: U491 文献标志码: A 文章编号: 1673-159X(2013)01-0063-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-159X.2013.01.012

Application of Principal Component Analysis in the Evaluation of Sustainable Development for Urban Traffic

ZHU Lin-bo

(College of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031 China)

Abstract: As there are many indicators with very high correlation to evaluate urban transport sustainable development level, which make the indicators system's dimensionality reduction possible. By using Principal Component Analysis, this paper classifies 23 evaluation indicators of Chengdu urban transport into 3 principal components with a meaningful explanation. Then the principal component score curve is used to compare traffic sustainable development of Chengdu in different periods and the volatilities which affect Chengdu's traffic sustainable development are obtained. The method mentioned in this article can objectively evaluate sustainable development for urban traffic without fuzzy analysis.

Key words: principal component analysis; sustainable development; urban traffic; Chengdu

在城市经济的良性发展过程中,城市交通起着重要的作用,因此,有必要对城市交通可持续发展做出科学的评价,以探索出正确的城市交通可持续发展的道路。近年来,国内许多学者对城市交通可持续发展评价问题做出了研究:徐文雅等利用层次分析法及线性加权法对城市交通可持续发展进行评价^[1];张军等提出城市交通可持续发展的 DEA 评价模型^[2];俞礼军等运用模糊评判法计算城市交通可持续发展的综合指数^[3]。

本文所采用的主成分分析法能够克服传统方

法“模糊性”“主观性”等问题,通过处理后的指标数据指出各个指标的内在关联性,将多个指标化为少数几个主成分,通过统计分析软件 SPSS 可以计算出各主成分的得分和每年综合得分。对评价年内每年的各主成分得分和综合得分做出分析,进一步评判城市交通在可持续发展过程中出现的问题。

1 评价指标体系的构建

本文借鉴张军、赵建有、刘俊娟、樊建林等^[4-7]的研究成果,结合系统性、动态性、易得性的构建原

收稿日期: 2012-03-12

基金项目: 四川省科技支撑计划项目(2011FZ0050)

作者简介: 朱林波(1988-),男,硕士研究生,主要研究方向为交通规划、交通仿真。

则,选取城市路网密度 R_1 、人均道路面积 R_2 、城市路网连通度 R_3 、路网负荷均衡度 R_4 、中心城区停车位比 R_5 、公交出行比例 R_6 、交通管理信息化水平 R_7 、交通专门人才比例 R_8 、交通法规保障能力 R_9 、万人公交车标台 R_{10} 、公交站点 500 m 覆盖率 R_{11} 、平均换乘系数 R_{12} 、城市干道平均车速 R_{13} 、交通安全协调系数 R_{14} 、交通科技进步率 R_{15} 、区域交通发展均衡度 R_{16} 、时空资源消耗指数 R_{17} 、环保投资额 R_{18} 、清洁能源使用替代率 R_{19} 、交通干线平均噪声 R_{20} 、汽车尾气达标率 R_{21} 、大气污染饱和度 R_{22} 、路段空气质量超标率 R_{23} 等 23 项指标构成城市交通可持续发展评价指标体系。

2 成都城市交通可持续发展主成分分析

2.1 主成分分析法

主成分分析法是一种通过降维技术把多个指标化为少数几个主成分的统计分析方法。这些主成分能够反映原始指标的绝大部分信息,他们通常表示为原始指标的某种线性组合,可以用下面的模型对主成分分析进行数学上的解释。

$$\begin{cases} F_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1p}x_p \\ F_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2p}x_p \\ \dots \\ F_p = a_{p1}x_1 + a_{p2}x_2 + \dots + a_{pp}x_p \end{cases}$$

式中: $x_1, x_2, \dots, x_p$ 为 p 个原始指标; $F_1, F_2, F_3, \dots, F_p$

为 p 个相互独立的综合指标。我们试图用一个综合指标 F_1 来代表原始 p 个指标。为使 F_1 在一切线性组合中最具代表性,应使其方差 $V(F_1)$ 最大,此时 F_1 称为第 1 主成分。如果第 1 主成分所含信息不足,应在 $Cov(F_1, F_2) = 0$ 条件下寻找第 2 主成分 F_2 。类似,我们可以再寻找第 3 主成分 $F_3, \dots$, 第 p 主成分。主成分分析可使原来指标的大部分方差集中在少数几个主成分上,通过对主成分分析实现对总体的综合评价^[8]。

2.2 数据来源与标准化处理

本文各项指标数据主要来源于《成都市交通统计年鉴》、《成都统计年鉴》、成都市统计调查队的资料以及成都市政府网站、交委网站等成都其他网站。

指标一致无量纲化函数随指标取值的类型是极大型指标、极小型指标、居中型指标,还是区间型指标等的不同而异,其主要目的是以统一的价值形式解决指标值的不可公度问题(量纲、数量级、最佳值不同)。本文对极大型、极小型和居中型评价指标采取文献[9]中的方法处理。

2.3 指标降维处理

2.3.1 主成分提取

本文利用 SPSS19.0 对处理后的数据进行主成分分析,依据主成分特征值大于 1 的原则提取前 3 个主成分进行分析。如表 1 所示,特征值大于 1 的前 3 个主成分的累计贡献率已达到 94.962%,可见提取前 3 个主成分能够反映原始指标的大部分信息。

表 1 解释的总方差

主成份	初始特征值			提取平方和载入		
	特征值	方差的贡献率/%	累积贡献率/%	特征值	方差的贡献率/%	累积贡献率/%
F_1	7.002	70.840	70.840	7.002	70.840	70.840
F_2	3.789	15.789	86.629	3.789	15.789	86.629
F_3	2.000	8.333	94.962	2.000	8.333	94.962

2.3.2 主成分命名解释

通过上一部分的内容我们仅仅能找到主成分个数,而对被提取出来的主成分给出符合实际背景和意义的解释也至关重要。主成分因子载荷矩阵显示各指标与主成分之间的关系。各主成分因子

的载荷越大,对主成分的解释越明确。经过旋转后的主成分因子载荷矩阵可以大大提高主成分的可解释性。表 2 是用方差极大正交旋转方法经过 5 次迭代旋转,得到的旋转后的主成分因子载荷矩阵。

表 2 旋转后主成分因子载荷矩阵

指标	成份			指标	成份		
	F_1	F_2	F_3		F_1	F_2	F_3
城市路网密度 R_1	0.845	0.287	0.408	城市干道平均车速 R_{13}	0.230	0.908	0.346
人均道路面积 R_2	0.938	-0.034	0.237	交通安全协调系数 R_{14}	0.381	0.223	0.881
城市路网连通度 R_3	-0.130	0.863	0.283	交通科技进步率 R_{15}	0.932	0.344	-0.044
路网负荷均衡度 R_4	0.011	0.921	-0.181	区域交通发展均衡度 R_{16}	-0.048	0.820	-0.356
中心城区停车位比 R_5	0.959	0.259	0.026	时空资源消耗指数 R_{17}	0.940	0.061	0.060
公交出行比例 R_6	0.998	0.027	-0.030	环保投资额 R_{18}	-0.010	-0.100	0.916
交通管理信息化水平 R_7	0.994	0.012	0.042	清洁能源使用替代率 R_{19}	0.120	0.226	0.855
交通专门人才比例 R_8	0.952	0.293	0.020	交通干线平均噪声 R_{20}	0.779	-0.438	-0.361
交通法规保障能力 R_9	0.994	-0.058	0.058	汽车尾气达标率 R_{21}	0.949	-0.206	-0.062
万人公交车标台 R_{10}	0.965	0.037	0.171	大气污染饱和度 R_{22}	0.983	0.099	-0.001
公交站点 500 m 覆盖率 R_{11}	0.990	0.061	0.057	路段空气质量超标率 R_{23}	0.940	0.086	-0.018
平均换乘系数 R_{12}	0.946	0.269	0.043				

由表 2 可以发现评价指标 R_1 、 R_2 、 R_5 、 R_6 、 R_7 、 R_8 、 R_9 、 R_{10} 、 R_{11} 、 R_{12} 、 R_{14} 、 R_{17} 、 R_{20} 、 R_{21} 、 R_{22} 、 R_{23} 在主成分 F_1 上有较大的载荷。由于这些指标反映了城市交通可持续发展的交通现状水平,故可将第 1 主成分 F_1 称为发展水平成分;评价指标 R_3 、 R_4 、 R_{13} 、 R_{16} 在主成分 F_2 上有较大的载荷,由于这些指标反映的是一个城市交通在可持续额发展过程中的协调水平,故将第 2 主成分 F_2 称为交通发展协调力成分;评价指标 R_{14} 、 R_{18} 、 R_{19} 在主成分 F_3 上有较大的载荷,这些指标主要反映了城市交通在可持续发展过程中潜在的改变程度,故将 F_3 称为交通发展潜力主成分。

2.4 评价分析

不同年份的主成分 F_1 、 F_2 、 F_3 的得分在利用 SPSS 软件进行主成分分析时可以自动输出,而城市交通可持续发展总得分 F 可以利用下式计算:

$$F = (70.84 \times F_1 + 15.789 \times F_2 + 8.333 \times F_3) \div 94.962。$$

具体的得分情况见表 3。

为了便于分析成都城市交通可持续发展总得分 F 、第 1 主成分得分 F_1 、第 2 主成分得分 F_2 、第 3 主成分得分 F_3 的变化趋势,以便对成都城市交通可持续发展做出合理评价,分别将以上得分绘制成如图 1 所示的曲线图。

表 3 成都市城市交通可持续发展主成分得分和总得分

年份	因子变量得分			总得分 F
	F_1	F_2	F_3	
2005	-1.456 79	0.508 01	1.112 73	-0.904 60
2006	-0.830 95	0.399 20	-1.024 96	-0.643 44
2007	-0.107 32	-0.918 55	-1.192 24	-0.337 40
2008	0.474 74	-0.939 79	0.240 20	0.218 97
2009	0.729 31	-0.620 63	1.087 37	0.639 47
2010	1.191 01	0.571 76	-0.223 09	0.963 96

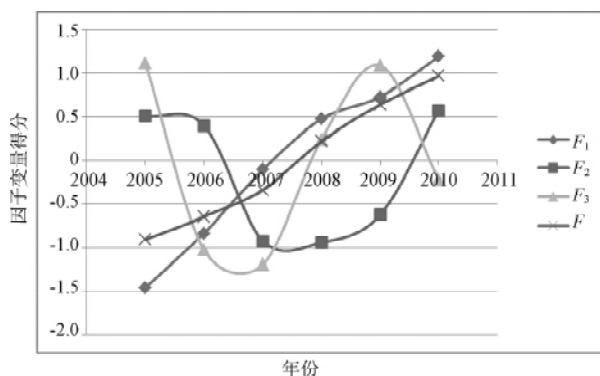


图1 成都城市交通可持续发展得分曲线图

曲线 F 和曲线 F_1 的走势表明: 2005 到 2010 年成都城市交通可持续发展总得分由 2005 年的 -0.9046 逐年上升到 0.96396 , 这显示成都城市交通可持续发展状态总体上是好的, 基本上呈现出不断提高的趋势, 发展方向是正向的。特别是成都城市交通可持续发展水平由 -1.45679 上升到 1.19101 , 可持续发展水平得到了大幅度的提高。出现上述趋势的原因在于近年来成都市对主城区的道路基础设施建设加大了投入, 注重交通人才引进和法律法规的制定, 采取措施控制交通对环境的影响。根据曲线 F_2 和曲线 F_3 的走势, 我们可以把成都城市交通可持续发展协调力和潜力分成 2 个阶段: 第 1 阶段从 2005 年到 2007 年, 此阶段成都城市交通可持续发展协调力和潜力都呈现出下降的趋势, 说明此阶段对交通的投入仅停留在对数量级的考虑而忽略了交通发展质量问题。第 2 阶段从 2008 到 2010 年, 此阶段成都城市交通可持续发展的协调力和潜力得分呈现上升的趋势, 在注重协调力和潜力之后成都城市交通可持续发展总得分得到了更大程度的提高, 这表明对数量级的追求达到一定程度后转而考虑交通内部结构的质量问题, 以

提高城市交通可持续发展状态。

3 结论

本文结合评价指标选取原则和成都城市交通特点, 选取 23 项指标构成成都城市交通可持续发展的评价指标体系, 利用主成分分析法对成都城市交通可持续发展的评价指标进行降维处理, 降维后的 3 个主成分包含了原有数据的 94.962% 信息。并通过主成分的得分曲线, 清晰地判断出城市交通可持续发展的优势与不足, 为城市交通可持续发展提供合理的依据。

参 考 文 献

- [1]徐文雅. 武汉城市交通可持续发展综合评价研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2009.
- [2]张军, 杜文. 基于 DEA 的城市交通可持续发展综合评价[J]. 铁路运输与经济, 2007, 29(8): 48-52.
- [3]江登英, 康灿华, 李作敏. 基于 AHP-GRAP 模型的公路交通可持续发展评价[J]. 武汉理工大学学报, 2009, 31(1): 144-148.
- [4]张军. 城市交通系统可持续发展综合评价研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2007.
- [5]赵建有, 俞礼军. 城市交通可持续发展状态量化评价方法[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2004, 24(4): 63-66.
- [6]刘俊娟, 王炜, 程琳. 基于 PSR 概念与复合物元可拓法的城市交通可持续发展评价[J]. 公路交通科技, 2007, 24(10): 136-141.
- [7]樊建林, 孙章. 城市交通可持续发展评价指标体系的研究[J]. 上海铁道大学学报, 1999, 20(8): 57-63.
- [8]王学民. 统计分析方法与应用[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2010: 20-25.
- [9]金菊良, 魏一鸣. 复杂系统广义智能评价方法与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 31-35.

(编校: 夏书林)