

东西部公路使用效益的结构方程模型

张小民, 吴群琪

(长安大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710064)

摘要: 为了解东西部地区公路线路基础设施使用效益的差异, 从宏观层面建立了东西部地区客货运量与不同等级公路之间的结构方程模型, 实证分析了东西部地区不同等级公路的使用效益。分析表明: 东部地区除等外级公路以外, 其他各等级公路的使用效益均高于西部地区; 东部地区公路线路基础设施对货运量和货运周转量的效应均较大, 西部地区公路线路基础设施对客运周转量的效应较大; 由于经济发展阶段和产业结构特点不同, 收费政策对东西部地区高速公路的使用效益产生了不同的影响。

关键词: 公路使用效益; 结构方程模型; 负荷系数; 路径系数

中图分类号: F540.31

文献标志码: A

文章编号: 1671-6248(2008)03-0017-05

交通基础设施是影响经济发展的关键因素^[1], 在“贷款修路、收费还贷”政策的引导下, 中国东西部地区公路基础设施建设取得了瞩目的成就, 同时公路收费制度也引起了社会各界越来越多的关注^[2]。截止2005年底, 东西部地区公路总里程分别达到 5.7×10^5 km 和 7.8×10^5 km, 高速公路分别达到 1.85×10^4 km 和 1.05×10^4 km, 公路密度分别达到每百平方公里 53.3 km 和 11.4 km, 等级公路比重分别为91.75% 和 74.84%, 这些公路基础设施对区域经济的发展起到了积极的作用^[3]。探讨这些不同等级公路的使用效益、收费政策对使用效益的影响, 对区域公路规划和管理具有指导意义。

张国强等以广深高速公路和成渝高速公路为样本, 对两条线路的交通和运输问题分析后发现, 和东部地区相比, 西部高速公路实际交通量占设计交通量的比重小, 西部地区高速公路实际发生的年均日交通量亦小。分析还发现, 无论是东部还是西部地区, 高速公路通行车辆中客车所占份额与货车所占份额相比占有绝对优势, 而且货车吨位愈大, 通行量

愈小^[4]。周建中用大量事实和数据论证了高速公路对重庆经济发展起到了积极作用的同时, 收费过高已对当地经济、社会发展和投资环境造成一定的负面影响, 同时带来重复建设、高速公路利用率太低、运输车辆严重超载等诸多问题^[5]。王利彬等从中国公路收费理论入手, 通过对高速公路进行价值流分析, 指出中国现行高速公路收费最大化的立场抑制了运输需求, 进而提出收费理论研究的出发点应当以经营者和使用者两大主体为主, 考虑收费对区域经济总体的影响^[6-8]。

本文在东西部地区的客货运量、客货周转量与不同等级公路之间建立结构方程模型, 从宏观层面实证分析了不同地区不同等级公路的使用效益情况。

一、结构方程模型

结构方程模型 (Structural Equation Mode, SEM) 是基于变量的协方差矩阵来分析变量之间关系的一种统计方法, 是一种通用的线性统计建模方法, 该方

收稿日期: 2008-04-01

作者简介: 张小民 (1969-), 男, 陕西蒲城人, 副研究员, 工学博士研究生。

法广泛应用于经济学、管理学等研究领域。结构方程模型^[9]通常包括3个方程:

$$x = \Lambda_x \xi + \delta \tag{1}$$

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \tag{2}$$

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \tag{3}$$

其中,式(1)和式(2)被称为测量模型,式(3)被称为结构模型,结构模型反映潜变量之间的关系; x 为外生观测变量, ξ 为外生潜变量, Λ_x 为外生观测变量与外生潜变量之间的关系,是外生观测变量在外生潜变量上的因子负荷矩阵, δ 为外生变量的误差项; y 为内生观测变量, η 为内生潜变量, Λ_y 为内生观测变量与内生潜变量之间的关系,是内生观测变量在内生潜变量上的因子负荷矩阵, ε 为内生变量的误差项; B 和 Γ 是路径系数, B 表示内生潜变量之间的关系, Γ 则表示外生潜变量对于内生潜变量值的影响, ζ 为结构方程的误差项。

结构方程模型具有以下优点。其一是能同时处理多个因变量。结构方程模型可同时考虑并处理多个因变量。而回归分析中,只能处理一个因变量,如果有多个因变量需要处理,则需分别计算,这样在计算一个因变量时,就忽略了其他因变量的存在及影响。其二是允许自变量和因变量均包含测量误差。从测量方程中可以看到,潜变量的观察变量包含了大量的测量误差,而回归分析只允许因变量存在测量误差,假定自变量没有误差。

二、公路基础设施与运输量的结构方程模型

(一)应用结构方程模型的背景

本文未使用传统多元回归模型,而选择结构方程模型是基于以下几点原因。

第一,由于不同等级公路的设计标准不同,不能简单相加,因此将线路基础设施作为潜变量,由不同等级公路作为观测变量共同测量。

第二,现有统计数据一方面不能反映不同等级公路上完成的运输量;另一方面因为运输工具流动性大、某些统计指标比较敏感,所以统计结果误差较大^[10]。传统回归分析虽然允许因变量包含测量误差,但需要假设自变量没有误差。

第三,不同等级公路线路长度数据和运输量数据均存在较严重的共线性。

结构方程模型不仅能处理可直接测量的显变量(或测量变量),还能处理无法直接测量而需要依靠

可测量变量来表现的潜变量,可同时处理多个因变量,并且容许自变量和因变量包含测量误差,能同时估计因子结构和因子关系。因此,采用结构方程建模的方法,数据处理采用lisrel软件计算完成。

(二)变量与模型的设计

本文共设计5个潜变量和10个观测变量,变量的名称和含义见表1。

表1 变量名称与含义

变量类别	变量名称	变量含义
外生潜变量 ξ	ξ_1	公路线路基础设施
	η_1	公路客运量
内生潜变量 η	η_2	公路客运周转量
	η_3	公路货运量
	η_4	公路货运周转量
	η_5	公路客货运量
外生观测变量 x	x_1	高速公路里程
	x_2	一级公路里程
	x_3	二级公路里程
	x_4	三级公路里程
	x_5	四级公路里程
	x_6	等外级公路里程
内生观测变量 y	y_1	公路客运量
	y_2	公路客运周转量
	y_3	公路货运量
	y_4	公路货运周转量

作为外生潜变量的公路线路基础设施 ξ_1 由 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 共6个观测变量测量。4个内生潜变量:公路客运量(η_1)、公路客运周转量(η_2)、公路货运量(η_3)和公路货运周转量(η_4)分别由其自身即 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 共4个观测变量测量。因为客货运输量和客货周转量依赖公路线路基础设施完成,因此构建两者的结构方程模型(图1)。

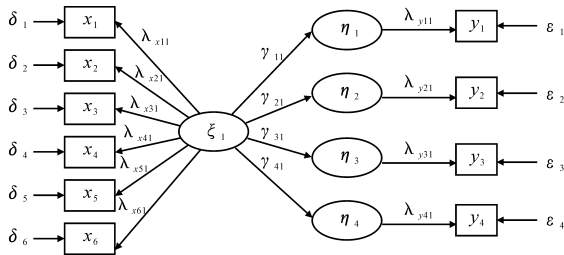


图1 公路线路基础设施与运输量结构方程模型

δ 为外生观测变量 x 的误差项, ε 为内生观测变量 y 的误差项。 $\Lambda_x(\lambda_{x11}, \lambda_{x21}, \lambda_{x31}, \lambda_{x41}, \lambda_{x51}, \lambda_{x61})$ 为外生观测变量与外生潜变量之间的关系,称为外生观测变量在外生潜变量上的负荷系数; $\Lambda_y(\lambda_{y11}, \lambda_{y21}, \lambda_{y31}, \lambda_{y41})$ 为内生观测变量与内生潜变量之间的关系,称为内生

观测变量在内生潜变量上的负荷系数。 $\Gamma(\gamma_{11}, \gamma_{21}, \gamma_{31}, \gamma_{41})$ 为外生潜变量对内生潜变量的效应。

三、东西部地区不同等级公路使用效益的实证分析

(一) 地区与数据样本描述
东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江

苏、浙江、山东、福建、广东和海南 11 个省(市),西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆 12 个省(市、自治区)。为了获得不同等级公路长度与运量稳定的相关系数,选取 1988 年至 2005 年东西部地区不同区域的面板数据,具体有不同等级公路的线路长度、全社会客货运量与客货周转量共 9 个指标,2005 年东西部地区各指标的描述性统计^[11]见表 2。

表 2 描述性统计

指标	最小值		最大值		合计		平均值	
	东部地区	西部地区	东部地区	西部地区	东部地区	西部地区	东部地区	西部地区
高速公路里程/km	548	0	3 163	1 758	18 497	10 530	1 682	878
一级公路里程/km	180	0	7 301	2 139	25 417	6 676	2 311	556
二级公路里程/km	1 255	807	21 949	10 123	99 570	60 149	9 052	5 012
三级公路里程/km	1 328	3 909	25 553	23 879	102 032	133 700	9 276	11 142
四级公路里程/km	2 395	4 309	66 428	97 007	276 809	372 960	25 165	31 080
等外级公路里程/km	0	77	10 298	55 718	46 983	196 323	4 272	16 360
客运量/10 ⁸ 人次	0.23	0.04	15.22	15.95	73.42	48.32	6.67	4.03
客运周转量/10 ⁸ 人次·km	26.50	18.40	1 111.60	497.80	4 470.10	2 332.80	406.37	194.4
货运量/10 ⁸ t	0.66	0.04	12.05	5.67	62.35	33.27	5.67	2.77
货运周转量/10 ⁸ t·km	55.90	40.70	711.80	382.00	3 824.30	2 284.00	347.66	190.33

由表 2 可见,东部地区高等级公路(包括高速公路、一级公路和二级公路),不管是绝对里程还是平均里程均远高于西部地区;相反,东部地区的低等级公路(包括三级公路、四级公路和等外级公路),不管是绝对里程还是平均里程均远低于西部地区。东部地区等外级公路里程占总里程的比例为 8.25%,西部地区等外级公路里程占总里程的比例为 25.16%,说明东部地区的公路线路基础设施质量优于西部地区。

(二) 模型效度分析
结构方程模型的拟合检验指标很多,常用的绝对指标有: χ^2 检验、AIC 指标、近似误差均方根 RMSEA、标准化残差均方根 SAMR。相对指标有规范适配指标 NFI、非规范适配指标 NNFI 和比较适配指标 CFI。表 3 的拟合指数显示, χ^2 与 df(自由度)的比值分别为 3.57、2.52,均小于 5, RMSEA 分别为 0.19、0.13,显示 RMSEA 稍偏大。CFI、NFI 和 NNFI 的值均大于 0.75,显示模型拟合较好。综合各项指标,说明整个模型可以接受。

表 3 模型拟合指数

指标	χ^2	df	RMSEA	CFI	NFI	NNFI
东部地区	103.57	29	0.19	0.84	0.80	0.75
西部地区	73.21	29	0.13	0.85	0.79	0.76

(三) 拟合结果分析
该模型拟合采用最大似然法,采用迭代算法求

解,用固定负荷法设定因子的度量单位,故假设因子负荷 $\lambda_{x11} = 1$ 。4 个内生潜变量 η_1 、 η_2 、 η_3 、 η_4 均含有单一测量指标,即分别由 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 测量,故因子负荷 λ_{y11} 、 λ_{y21} 、 λ_{y31} 、 λ_{y41} 均为 1。该模型参数估计值见表 4、表 5。

测量模型参数估计值(表 4)显示,东部地区的负荷系数 λ_{x62} 的 t 值仅为 1.02,与 0 无显著差异,说明等外级公路在东部地区的线路基础设施地位中已不重要;相反,西部地区的等外级公路还具有相当的地位。东部地区负荷系数 $\lambda_{x21} \sim \lambda_{x52}$ 的值均大于西部地区,说明东部地区等级以上公路的使用效益均高于西部地区。高速公路在两个区域线路基础设施中的作用相当。

从东部地区来看,一级和二级公路的标准化负荷系数最大,说明一级和二级公路的作用最大,值得注意的是高速公路的负荷系数较小。从西部地区来看,高等级公路的作用均较大,高速公路和一级、二级公路没有较大差异。

结构模型参数估计值(表 5)显示,东部地区线路基础设施对客货运量和客货周转量的效应均较西部大。但东部地区线路基础设施对货运周转量效应最大,对客运量的效应最小。西部地区线路基础设施对客运周转量的效应最大,对客运量和货运量的效应较小。

从观测变量之间路径系数分析(表6),对于东部地区而言,一级和二级公路对客货运量4项指标的路径系数最大,高速公路次之,三级和四级公路较小,等外级公路的路径系数最小。对于西部地区而言,高速公路、一级公路和二级公路对客货运量4项

指标的路径系数最大,三级、四级和等外级公路较小,而且两者差异明显。

值得关注的是,对周转量而言,东部地区的各等级公路对货运周转量的路径系数较大,西部地区的各等级公路对客运周转量的路径系数较大;对运量

表4 测量模型参数估计值

变量名	变量关系	非标准化 参数估计值		标准误差		t 值		标准化参数 估计值(负荷系数)	
		东部地区	西部地区	东部地区	西部地区	东部地区	西部地区	东部地区	西部地区
λ_{y11}	$y_1 \leftarrow \eta_1$	1	1					1	1
λ_{y21}	$y_2 \leftarrow \eta_2$	1	1					1	1
λ_{y31}	$y_3 \leftarrow \eta_3$	1	1					1	1
λ_{y41}	$y_4 \leftarrow \eta_4$	1	1					1	1
λ_{x11}	$x_1 \leftarrow \xi_1$	1	1					0.86	0.86
λ_{x21}	$x_2 \leftarrow \xi_1$	1.07	0.99	0.15	0.17	7.21 *	5.75 *	0.92	0.85
λ_{x31}	$x_3 \leftarrow \xi_1$	1.06	0.99	0.15	0.17	7.08 *	5.75 *	0.91	0.85
λ_{x42}	$x_4 \leftarrow \xi_2$	0.70	0.64	0.19	0.20	3.64 *	3.14 *	0.60	0.55
λ_{x52}	$x_5 \leftarrow \xi_2$	0.87	0.66	0.18	0.20	4.95 *	3.25 *	0.75	0.57
λ_{x62}	$x_6 \leftarrow \xi_2$	0.22	0.44	0.22	0.22	1.02	2.73 *	0.19	0.38

注:* 表示统计量t值的概率 $p < 0.01$ 。

表5 结构模型参数估计值

变量名	变量关系	非标准化 参数估计值		标准误差		t 值		标准化参数 估计值(负荷系数)	
		东部地区	西部地区	东部地区	西部地区	东部地区	西部地区	东部地区	西部地区
γ_{11}	$\eta_1 \leftarrow \xi_1$	0.86	0.77	0.18	0.20	4.80 *	3.93 *	0.74	0.66
γ_{21}	$\eta_2 \leftarrow \xi_1$	1.00	0.95	0.16	0.18	6.21 *	5.39 *	0.86	0.82
γ_{12}	$\eta_3 \leftarrow \xi_1$	0.95	0.78	0.17	0.20	5.70 *	3.96 *	0.82	0.66
γ_{22}	$\eta_4 \leftarrow \xi_1$	1.02	0.85	0.16	0.19	6.50 *	4.47 *	0.88	0.72

注:* 表示统计量t值的概率 $p < 0.01$ 。

表6 标准化路径系数

路径	路径系数 $\lambda_x \times \gamma \times \lambda_y$		路径	路径系数 $\lambda_x \times \gamma \times \lambda_y$	
	东部地区	西部地区		东部地区	西部地区
高速公路 $x_1 \rightarrow$ 客运量 y_1	0.64	0.57	三级公路 $x_4 \rightarrow$ 客运量 y_1	0.44	0.36
高速公路 $x_1 \rightarrow$ 货运量 y_3	0.71	0.57	三级公路 $x_4 \rightarrow$ 货运量 y_3	0.49	0.36
高速公路 $x_1 \rightarrow$ 客运周转量 y_2	0.74	0.71	三级公路 $x_4 \rightarrow$ 客运周转量 y_2	0.52	0.45
高速公路 $x_1 \rightarrow$ 货运周转量 y_4	0.76	0.62	三级公路 $x_4 \rightarrow$ 货运周转量 y_4	0.53	0.40
一级公路 $x_2 \rightarrow$ 客运量 y_1	0.68	0.56	四级公路 $x_5 \rightarrow$ 客运量 y_1	0.56	0.38
一级公路 $x_2 \rightarrow$ 货运量 y_3	0.75	0.56	四级公路 $x_5 \rightarrow$ 货运量 y_3	0.62	0.38
一级公路 $x_2 \rightarrow$ 客运周转量 y_2	0.79	0.70	四级公路 $x_5 \rightarrow$ 客运周转量 y_2	0.65	0.47
一级公路 $x_2 \rightarrow$ 货运周转量 y_4	0.81	0.61	四级公路 $x_5 \rightarrow$ 货运周转量 y_4	0.66	0.41
二级公路 $x_3 \rightarrow$ 客运量 y_1	0.67	0.56	等外级公路 $x_6 \rightarrow$ 客运量 y_1	0.14	0.25
二级公路 $x_3 \rightarrow$ 货运量 y_3	0.75	0.56	等外级公路 $x_6 \rightarrow$ 货运量 y_3	0.16	0.25
二级公路 $x_3 \rightarrow$ 客运周转量 y_2	0.78	0.70	等外级公路 $x_6 \rightarrow$ 客运周转量 y_2	0.16	0.31
二级公路 $x_3 \rightarrow$ 货运周转量 y_4	0.80	0.61	等外级公路 $x_6 \rightarrow$ 货运周转量 y_4	0.17	0.27

而言,东部地区的各等级公路对货运量的路径系数较大,西部地区的各等级公路对客运量和货运量的路径系数相同。

四、结 语

东部地区除等外级公路以外,其他各等级公路的使用效益均大于西部地区,西部地区的等外级公路依然发挥较为重要的作用。这表明公路线路设施只是经济发展的基础和外部条件;西部地区线路等级较低,对经济发展还存在一定制约作用。

东部地区公路线路基础设施对货运量和货运周转量的效益影响力均较大,一方面说明公路基础设施基本适应了经济发展的需求;另一方面,东部地区产业高度相对较高,货物运输对公路收费有较强的负担能力。西部地区公路线路基础设施对客运周转量的效益较大,说明西部地区经济规模小,产业高度低,货物运输对公路收费的负担能力较弱。

东部地区公路线路基础设施等级较高、高速公路规模大,西部地区则等级较低、高速公路规模小。因此,在高速公路普遍实行收费政策的条件下,东部地区高速公路的使用效益较一级、二级公路小,西部地区高速公路的使用效益和一级、二级公路相当。

参考文献:

[1] Sylvie, Demurger. Infrastructure development and eco-

nomie growth: An explanation for regional disparities in China[J]. Journal of Comparative Economics, 2001, 27: 95-117.

[2] 周国光. 中国路桥收费问题透视[J]. 长安大学学报: 社会科学版, 2005, 7(4): 1-5.

[3] 王 升, 吴群琪. 基础设施建设的社会效用[J]. 长安大学学报: 社会科学版, 2007, 9(1): 42-46.

[4] 张国强. 东西部收费公路的经济效应比较研究[J]. 综合运输, 2004, 26(5): 44-47.

[5] 周建中. 对降低收费标准让高速公路在促进重庆经济社会发展中发挥更大作用的研究[J]. 改革, 2004, 17(1): 99-111.

[6] 王利彬, 吴群琪. 关于中国收费公路收费理论的探讨[J]. 长安大学学报: 社会科学版, 2005, 7(3): 12-15.

[7] 张 芬. 中国的地区和城乡经济发展差异[J]. 武汉大学学报: 哲学社会科学版, 2007(1): 25-30.

[8] 雷晓康, 贾明德. 公共物品公共性的变化及其有效提供[J]. 长安大学学报: 社会科学版, 2003, 5(2): 36-39.

[9] 林 嵩, 姜彦福. 结构方程模型理论及其在管理研究中的应用[J]. 科学学与科学技术管理, 2006, 27(2): 38-41.

[10] 袁长伟. 公路运输统计体系与方法研究[D]. 西安: 长安大学, 2007.

[11] 张 云, 孙启鹏, 丁海鹰. 交通运输与区域经济有关问题的探讨[J]. 长安大学学报: 社会科学版, 2004, 6(3): 43-47.

Structural equation model of road service efficiency between eastern areas and western areas

ZHANG Xiao-min, WU Qun-qi

(School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: In order to find the difference of road service efficiency between eastern areas and western areas, this paper sets up a structural equation model between transportation capacity and different highway from macro point of view and analyzes the service efficiency of the two areas. The results show that the service efficiency of different classes of highways, except the substandard road in the eastern areas is higher than that of western areas. The highway infrastructure efficiency of eastern areas is high for freight transportation turnover and capacity, while that in the western areas is high for passenger transportation turnover and capacity. As there are the different economic stages and economic structure, the policy of toll roads may bring different impact on the service efficiency of expressways in the two areas.

Key words: road service efficiency; structural equation model; load coefficient; path coefficient