
基于 DEAHP 模型的 湖北高速公路社会经济适应性评价

陈 亚, 安庆贤, 刘 晶

(武汉理工大学管理学院 武汉市 430070)

摘 要:高速公路在社会经济中所扮演的角色日益重要, 因此正确评价高速公路与社会经济的适应性就显得尤为关键。介绍了社会经济适应性理论及其内涵, 并结合湖北省高速公路的实际案例, 首先运用主成分分析来简化指标, 然后运用DEAHP 模型(含AHP 约束锥的数据包络分析)对高速公路社会适应性做出评价, 得出DEA 有效性及其改进措施, 并进一步分析湖北高速公路整体适应社会经济发展的过程。

关键词:DEAHP 模型; 湖北高速公路; 社会经济适应性; 指标体系; 主成分分析

高速公路被誉为一个国家走向现代化的桥梁, 是发展现代交通业的必经之路。特别是2004 年以来随着《国家高速公路网规划》^[1] 的审议通过, 我国高速公路的建设得到进一步发展, 高速公路对社会经济的促进作用进一步加强, 并在某种程度上决定了社会经济发展的方向。正是因为高速公路对社会经济如此重要的促进作用, 如何合理规划高速公路的布局与规模, 做到高速公路的建设与社会经济的发展相适应, 成为社会经济能否又快又好向前发展的关键。而在高速公路的建设过程中, 如何有效评价高速公路与社会经济的适应性就显得尤为重要, 它为改进高速公路的建设提供了正确的指导, 也为经济的发展指明了方向。

现阶段关于高速公路社会效益的评价案例很多, 评价方法也非常丰富, 但对于社会经济适应性的研究和评价却很少。DEA 模型作为一种评价相对有效性的方法, 它特别适用于具有多输入多输出的复杂系统。但DEA 方法存在一个很大的缺陷是, 由于各个决策单元是从最有利于自己的角度分配权重的, 导致这些权重是随DMU(decision make units)的不同而不同的, 从而使每个决策单元的特性缺乏可比性, 得出的结果可能不符合客观实际^[2]。DEAHP 作为基于AHP 方法的DEA 模型则将权重系数考虑进来, 从而克服了DEA 模型的权重选择缺点。

1 DEAHP 模型

1.1 DEAHP 模型

数据包络分析^[3] (DEA)是著名运筹学家Charnes A.和Cooper W.W.等学者以“相对效率”概念为基础, 根据多指标投入和

基金项目:湖北省科技厅科技攻关资助项目, 项目编号20061 g0036

收稿日期:2009 -03 -26

多指标产出对相同类型的单位(部门)进行相对有效性或效益评价的一种新的系统分析方法。

传统的DEA 评价结果不受任何人为因素的影响而是仅仅依赖于最初所得到的输入输出数据, 往往不能反映决策者对各指标的偏好程度。1989 年, Charnes A., Copper W. W., Wei Q. L. 和HuangZ. M. 引入了带决策者偏好的锥比率, 提出了改进的DEA 模型—— C^2R 模型^[4], C^2R 模型作为DEA 模型的推广, 克服了DEA 任意权重的缺点。而层次分析法(AHP)却是完全根据人的主观判断来构造判断矩阵, 它的分析过程体现了人的决策思维的基本特征:分析、判断、综合, 这种方法充分反映了决策者的偏好。但在某种程度上而言,A HP 方法又过于依赖于决策者主观判断, 特别是当决策者是一个个体时^[5]。

1999 年, 吴育华、曾祥云、宋继旺引入能反映AHP 模型中决策者偏好的一个带AHP 约束锥的DEA 模型——DEAHP 模型。它将AHP 和DEA这两种方法结合起来, 即将层次分析方法思想应用到DEA 相对有效性评价中去, 建立A HP 约束锥的概念, 使DEA 评价的客观分析与AHP 的主观分析相结合, 从而使DEA 方法更适合于实际。

1.2 带有A HP 约束锥的DEA 模型^[5]

根据上述评估问题的数据, 对于 DMU_{j0} , 可建立通常相对有效性DEA 模型(C^2R 及 C^2GS^2):

$$\begin{aligned} \text{Max } p_{j0} &= U^T Y_{j0} + \hat{q}_{t0} \\ \text{s t } W^T X_j - U^T Y_j - \hat{q}_{t0} &\geq 0 \\ W^T X_{j0} &= 1 \\ W \geq 0, U \geq 0, \delta &= 0, 1; j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

其中 δ 为参数, $\delta=0$ 为 C^2R 模型, $\delta=1$ 为 C^2GS 模型。为了能反映决策者在各指标上的偏好, 使用 AHP 方法对权重选择上加以一定限制, 即在上述 DEA 评价模型中增加 A HP 约束锥, 即:

$$\begin{aligned} \text{Max } p_{j0} &= U^T Y_{j0} + \hat{q}_{t0} \\ \text{s t } W^T X_j - U^T Y_j - \hat{q}_{t0} &\geq 0 \\ W^T X_{j0} &= 1 \\ W \in V, U \in U, \delta &= 0, 1; j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

其中 $V = \{\bar{W} | \bar{C}\bar{W} \geq 0, \bar{W} \geq 0\}$; $U = \{\bar{\mu} | \bar{B}\bar{\mu} \geq 0, \bar{\mu} \geq 0\}$ 。称上述模型为带有AHP 约束锥的DEA模型，简记为DEAHP。模型(DEAHP)的对偶问题为：

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta \\
 & \text{s t } \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j - \theta X_{j0} \in V^* \\
 & \quad - \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j + Y_{j0} \in U^* \\
 & \quad \delta \sum_{j=1}^n \lambda_j = \delta \\
 & \quad \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned}$$

其中 V^* 和 U^* 分别为 V 和 U 的负极锥。

2 社会经济适应性理论及其内涵

高速公路经济适应性^[6]主要是指高速公路这种现代化的交通设施在规划设计、投资建设、经营管理、开发以及可持续发展过程中所采取的策略、管理体制和运作模式，制定的方案、措施等与国家地区经济系统总体规划中的发展战略目标、方针、政策、法规及发展计划、决策方案的制订等之间相互协调和制约的关系。其研究探讨的高速公路建设发展与地区经济的适应性主要包括两个方面的含义：一是高速公路建设发展规模、投资体制、融资模式与地区社会经济发展水平、总体发展规划的适应性；二是高速公路经营体制、管理模式与国家宏观经济政策、地区经济发展的水平、行业政策法规与制度的适应性^[7]。

区域公路网社会经济适应性的内涵如下[7]。

(1)与区域社会经济发展的综合实力相适应。现代交通基础设施建设需要投入巨大的财力和物力，这对一个区域的现状经济实力与市场融资能力是一次综合检验，也是区域公路网设计、建设的主要约束条件之一。它要求区域公路网设计方案必须坚持实事求是、量力而行的原则。在此前提下，区域公路网建设资金使用必须合理，要保证能有效地支持该地区社会经济的持续发展。

(2)与区域社会经济战略规划目标相适应。公路网的设计、建设必须符合该区域社会和经济的发展战略，同时要能做到能引导生产力在地域上合理地展开和分布。

(3)公路建设要与其自身的服务功能和技术经济特性相适应。

(4)与资源分布状况相适应。公路网的网络布局必须符合该区域的地理资源分布状况，必须与该区域的生态环境、人口分布、城镇布局与规模、产业结构和生产布局、产业聚集与扩散的特征等相适应。

3 高速公路社会经济适应性评价指标体系的建立

3.1 建立指标体系的基本原则

进行综合评价，确定评价的指标体系是基础，指标的选取好坏对分析对象常有举足轻重的作用，评价指标体系是由多个相互联系、相互作用的评价指标，按照一定的层次结构组成的有机整体，只有科学合理的评价指标体系，才有可能得出科学公正的综合评价结论。现实世界中事物的复杂性和评价目的多样性，决定了指标集的复杂性和多变性。但是一般说来，在建立指标体系时，应遵循以下共同原则^[8]。

(1)整体性原则。指标应涵盖为达到目的所需的基本内容。

(2)简要性原则。指标要层次分明，简明扼要；每个指标要内涵清晰，相对独立。切忌搞繁琐哲学，使人不得要领。

(3)导向性原则。指标应体现政策导向性。

(4)可比性原则。要尽可能采取相对指标，便于对不同对象进行对比，但为了反映对象之间规模上的差异，也应选择一些绝对指标。

(5)均匀性原则。凡开发周期较长或时间滞后较大的属性，为避免指标值大起大落，以采取三年平均值为宜。

(6)可操作性原则。指标所需数据原则上从现有统计指标中产生，少量需要重新统计的指标应是确定的且易于采集的。

(7)实际性原则。应从我国企业、事业单位和统计部门的现状出发，切忌照搬发达国家的指标。

3.2 确定指标体系

在前面已经谈到了建立评价指标必须遵循的基本原则，而运用主成分分析方法则可以简化评价指标，达到降维的目的。在充分考虑到能实现和反映社会经济适应性评价目的的基础上，给出了如下初步输入输出指标。

输入指标： x_1 路网密度(公里/万平方公里)、 x_2 通车里程/公路里程、 x_3 公路旅客周转量(万人公里)、 x_4 公路货物周转量(亿吨公里)

输出指标： y_1 总人口(万人)、 y_2 GDP(亿元)、 y_3 第一产业产值(亿元)、 y_4 第二产业产值(亿元)、 y_5 固定资产投资额(亿元)、 y_6 社会消费品零售总额(亿元)、 y_7 城镇化水平(%)、 y_8 民用机动车拥有量(万辆)、 y_9 外商实际投资额(亿美元)、 y_{10} 客运总量(万人)、 y_{11} 货运总量(万吨)。

3.3 指标的简化

考虑到输出指标繁多而且十分复杂，以湖北省高速公路为例，运用主成分分析方法来进一步确定输出评价指标。主成分分析就是设法将原来众多具有一定相关性的指标(比如 p 个指标)，重新组合成一组新的相互无关的综合指标来代替原来指标。主成分之间不仅不相关，而且它们的方差依次递减。因此在实际工作中，就挑选前几个最大主成分。虽然这样做会损失一部分信息，但是由于它使我们抓住了主要矛盾，并从原始数据中进一步提取了某些新的信息。因而在某些实际问题的研究中得益比损失大，这样既减少了变量的数目又抓住了主要矛盾的做法有利于实际问题的分析和研究。湖北高速公路的基本原始资料如表 1 所示。

表 1 输出指标

| 年份/年 | 总人口 万人 | GDP 亿元 | 第一产业 产值 亿元 | 第二产业 产值 亿元 | 固定资产 投资额 亿元 | 社会消费品 零售总额 亿元 | 城镇化水平 % | 民用机动车 拥有量 万辆 | 外商实际 投资额 亿美元 | 客运总量 万人 | 货运总量 万 t |
|------|-------------|-----------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|------------|--------------------|--------------------|------------|-------------|
| 1995 | 5 772 07 | 2 391 42 | 619 77 | 1 029 85 | 826 5 | 931 8 | 31 2 | 34 89 | 6 225 3 | 243 15 | 2 600 |
| 1996 | 5 825 13 | 2 970 2 | 716 34 | 1 344 36 | 984 38 | 1 145 73 | 33 74 | 37 9 | 6 887 8 | 25 180 | 2 537 |
| 1997 | 5 872 6 | 3 450 24 | 767 92 | 1 606 98 | 1 083 6 | 1 345 34 | 31 24 | 41 43 | 7 901 9 | 25 684 | 2 280 |
| 1998 | 5 907 23 | 3 704 21 | 748 22 | 1 752 91 | 1 231 1 | 1 481 38 | 31 9 | 43 22 | 9 201 2 | 24 540 | 2 009 |
| 1999 | 5 938 03 | 3 857 99 | 653 99 | 1 887 93 | 1 302 17 | 1 617 14 | 33 52 | 46 46 | 9 15 | 25 596 | 2 141 |
| 2000 | 5 960 | 4 276 32 | 662 3 | 2 123 7 | 1 421 55 | 1 789 35 | 40 22 | 47 55 | 9 44 | 27 184 | 2 228 |
| 2001 | 5 974 56 | 4 664 28 | 692 17 | 2 313 66 | 1 551 75 | 1 975 16 | 41 04 | 52 33 | 12 1 | 26 950 | 2 300 |
| 2002 | 5 987 8 | 4 975 63 | 707 | 2 446 05 | 1 695 22 | 2 129 38 | 41 7 | 326 53 | 14 02 | 23 684 | 934 |
| 2003 | 6 001 7 | 5 401 71 | 798 35 | 2 580 58 | 1 883 59 | 2 358 69 | 42 9 | 371 98 | 15 57 | 58 371 | 30 348 |
| 2004 | 6 016 1 | 6 309 92 | 1 020 09 | 2 994 67 | 2 356 38 | 2 619 47 | 43 68 | 406 08 | 20 71 | 63 127 | 31 584 |
| 2005 | 6 031 | 6 484 5 | 1 069 81 | 2 774 37 | 2 834 75 | 2 964 58 | 44 5 | 393 9 | 21 85 | 66 183 | 33 481 |
| 2006 | 6 050 | 7 497 17 | 1 140 41 | 3 363 76 | 3 572 69 | 3 412 | 45 32 | 437 36 | 24 49 | 69 335 | 35 361 |
| 2007 | 6 069 541 5 | 9 230 68 | 1 378 | 3 966 68 | 4 534 14 | 4 028 5 | 44 9 | 497 064 7 | 27 662 2 | 77 514 | 39 568 |

输入数据后，运用主成分分析方法，通过matlab6.5求解得到特征值及其贡献率(仅选取了前3个)如表2 所示。

表 2 主成分特征值及贡献率

| 主成分 | 特征值 | 贡献率/% | 累积贡献率/% |
|-----|---------|----------|----------|
| 1 | 9 933 5 | 90.304 6 | 90 304 6 |
| 2 | 0 549 6 | 4.996 7 | 95 301 2 |
| 3 | 0 299 4 | 2.721 7 | 98 023 0 |

其特征值对应的特征向量如表3 所示。

表3 特征向量

| | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 1 | 0.284 | 0.319 | 0.299 | 0.309 | 0.316 | 0.319 |
| 2 | 0.445 | 0.141 | -0.363 | 0.278 | -0.026 | 0.140 |
| 3 | -0.212 | -0.110 | -0.146 | -0.141 | -0.134 | 0.085 |
| 1 | 0.285 | 0.320 | 0.263 | 0.302 | 0.296 | |
| 2 | 0.414 | -0.075 | -0.506 | -0.232 | -0.257 | |
| 3 | 0.242 | 0.021 | -0.518 | 0.492 | 0.554 | |

由特征值及其所对应的特征向量分析可知从第3个主成分往后的主成分贡献率很低，所以选择前3个主成分作为输出指标为：

$$y'_1 = 0.28407y_1 + 0.31941y_2 + 0.2985y_3 + 0.30862y_4 + 0.31589y_5 + 0.31879y_6 + 0.28485y_7 + 0.31981y_8 + 0.26285y_9 + 0.3022y_{10} + 0.29612y_{11}$$

$$y'_2 = 0.44542y_1 + 0.1411y_2 - 0.36325y_3 + 0.27753y_4 - 0.02646y_5 + 0.14025y_6 + 0.41397y_7 - 0.07539y_8 - 0.50563y_9 - 0.23203y_{10} - 0.2565y_{11}$$

$$y'_3 = -0.21199y_1 - 0.11011y_2 - 0.14644y_3 - 0.14126y_4 - 0.13388y_5 + 0.0853y_6 + 0.24194y_7 + 0.021337y_8 - 0.51826y_9 + 0.49186y_{10} + 0.55393y_{11}$$

4 湖北省高速公路应用实例

首先构造判断矩阵 \overline{C}_m 和 \overline{B}_s ，从实际输入指标来看，指标之间没有明显的轻重之分，故这里不考虑输入指标的差异性，所以判断矩阵 \overline{C}_m 的矩阵数据全是1；而运用主成分分析将输出指标简化后，将其贡献率作为构造判断矩阵的依据，判断矩阵 \overline{B}_s 如表4所示。

表 4 判断矩阵 \overline{B}_s

| \overline{B}_s | y'_1 | y'_2 | y'_3 |
|------------------|--------|--------|--------|
| y'_1 | 1 | 5 | 7 |
| y'_2 | 1/5 | 1 | 3 |
| y'_3 | 1/7 | 1/3 | 1 |

做一致性检验：

$$CI_{\overline{C}_m} = 4, RI = 0.9, CR_{\overline{C}_m} = 0.4 < 0.10;$$

$$CI_{\overline{B}_s} = 3.0649, RI = 0.58, CR_{\overline{B}_s} = 0.056 < 0.10;$$

将 \overline{C}_m 和 \overline{B}_s 代入 $C = \overline{C}_m - \lambda_c E_m, B = \overline{B}_s - \lambda_B E_s$ ，给出DEA HP 模型后输入LINGO10.0 求解得到各年评价价值绘成表和图如表5 和图1 所示。

表 5 评价结果

| 年份/年 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|------|--------|--------|--------|------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 评价值 | 0.9747 | 0.9533 | 0.9962 | 1 | 0.861 | 0.8758 | 0.808 | 0.649 | 0.8688 | 0.8261 | 0.7723 | 0.864 | 0.8017 |

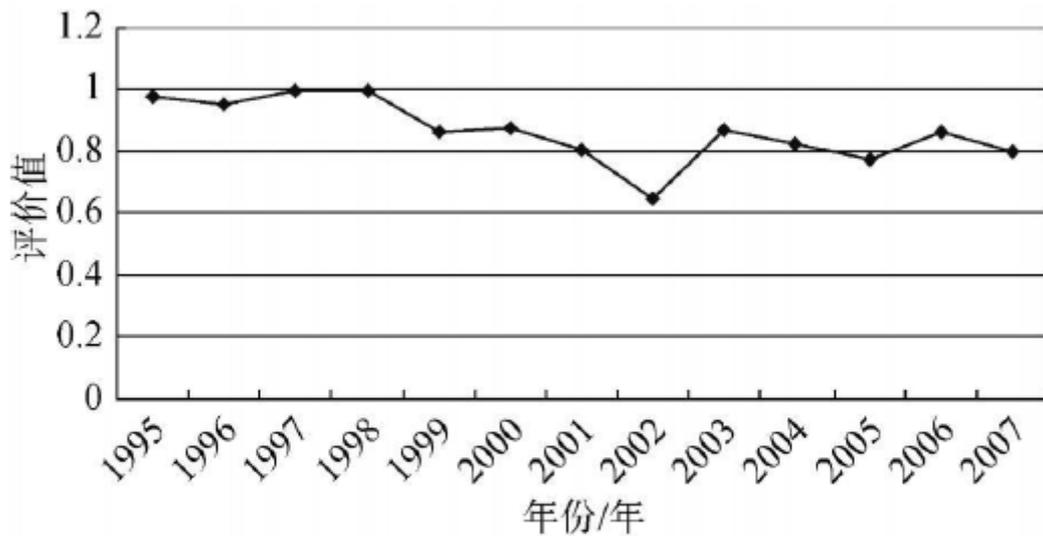


图1 DEAHP模型的评价结果示意

由表5 及其对应图1 的评价结果可以对湖北省社会经济效益做出如下分析。

(1) 仅有1998 年为DEA 有效, 其余均为非DEA 有效。1995 年~ 1998 年评价结果都很高, 而且基本上呈现出逐年上升的趋势, 这说明湖北省高速公路在刚刚建成的最初几年里, 高速公路对经济的发展起到了显著的促进作用, 产业结构加速优化和调整, 逐渐形成一定的区位优势, 从而带动区域经济的迅速崛起和发展, 因而表现出了显著的适应性。

(2) 由图1 知, 从1999 年以后, 评价价值出现波动, 表现出一定的不适应性。在经历了1995 年~1998 年这段时间的发展后, 湖北省社会经济已经初具规模, 发展速度逐步扩大, GDP 平均增长速度达到了11.56%, 除公路货物周转量稍有下降外, 路网密度、通车里程、公路旅客周转量等均略微增长; 而在1999 年~ 2007 年期间, GDP 平均增长速度仅为10.17%, 而路网密度、公路旅客周转量、公路货物周转量却分别增长了17.88%、14.58%、49.19%, 通车里程率也增长了3.18%, 这说明高速公路的建设与社会经济的发展出现了一定的不适应, 即社会经济落后于高速公路的发展。分析其原因, 从横向的比较, 武汉一直是湖北省经济增长的领头羊, 远远领先于其他市县的经济发展, 经济差距与区域优势不断扩大, 这也导致其他地区的经济发展与武汉市经济发展的不适应性, 进而导致湖北省整体上经济的不适应性。要提高高速公路建设与湖北省社会的整体适应性, 必须注意各行政区划之间的经济联系, 形成联动效应, 共同发展。而随着武汉城市圈成功获得国务院批准, 武汉城市圈成为“两型社会”建设综合配套改革试验区, 以此为契机, 不断提升区域经济竞争力, 促进城市规模结构合理化和区域经济一体化, 开启推动湖北经济发展的动力引擎, 不断提高综合经济实力, 使湖北的发展始终走在中西部的前列。

(3) 区域“交通——社会经济”系统是一个具有特定目标的总系统, 其中交通系统与社会经济系统之间存在着相互关联, 相互作用。高速公路建设相对滞后则会阻碍社会经济的发展, 相反若高速公路发展相对较快则表现出促进社会发展, 而发展超前又会在一定程度上限制经济发展, 因为它将消耗过多的人力、物力和财力, 并且随着时间的推移, 这种关系还会不断发生变化, 这就决定了高速公路的建设与社会经济的发展有着十分复杂的关系。因此应正确处理好高速公路建设与社会经济发展之间的关系, 做到相互促进, 协同发展。根据DMU 在相对有效平面上的投影, 可以在不减少输出的前提下, 使原来的输入有所减少, 或在不增加输入的前提下, 使输出有所增加^[8]。为此, 在高速公路的建设过程中, 必须在已有高速公路总体规模的基础上, 协调好高速公路路网密度和通路里程、公路旅客周转量、公路货物周转量之间的关系, 在节约开支、减少支出的同时不断提高

GDP、社会消费品零售总额、固定资产投资额等指标的产值及其比例关系，使之满足DEA有效性。

(4)与一般DEA模型的比较。若在原有数据的基础上，直接用DEA方法输入LINGO10.0求解后，得到的各年评价结果绘成表如表6所示。

表6 评价结果

| 年份/年 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|
| 评价结果 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.9951 | 1 | 1 |

由表6可知，除2005年外，所有年份的结果都为DEA有效，而且2005年的结果也可认为是DEA有效了，虽然结果很客观，但它是很不科学的，从某种程度上说它的结果是无效的。DEA模型虽然事先并不需要知道指标的具体权重，但DEA模型本身对指标的多少还是有一定的限制的。当输入输出指标过多，而DMU相对过少时，DEA模型的评价结果往往会出现绝大多数DEA模型有效的失常情况^[5]。而这也进一步证明了本文运用DEAHP模型及主成分分析综合指标的科学性。

5 结语

通过综合运用主成分分析和DEAHP模型，对湖北省高速公路社会经济适应性做了研究和评价。从评价结果来看，利用DEAHP方法较好地克服了DEA模型中对指标权重随意选择的弊端，使人的主观因素和客观条件得到了较好的统一，从而使评价结果更具有说服力；而利用主成分分析后创造性地将贡献率作为构建判断矩阵的依据，进一步减少了人为因素的误差，因而更加接近真实情况。由于综合评价系统本身的复杂性和本身DEA模型依赖于具体指标体系的原因，因而对于评价方法和指标的选取有待于进一步探索。

参考文献：

- [1] 《国家高速公路网规划》简介[J] . 中国水运, 2007 , (2).
- [2] 杜栋, 庞庆华, 吴炎. 现代综合评价方法与案例精选:第二版[M]. 北京:清华大学出版社, 2008.
- [3] Charnes A , Cooper W W, Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units [J] .European Journal of Operation Research , 1978, 2(6).
- [4] Charnes A , Cooper W W, Wei Q L, Huang Z M. Cone Ratio Data Envelopment Analysis and Multi -Objective Programming [J]. International Journal of Systems Science , 1989 , 20(7).
- [5] 吴育华, 曾祥云, 宋继旺. 带有AHP约束锥的DEA模型[J]. 系统工程学报, 1999, 14(4).
- [6] 贾元华. 高速公路经济适应性研究[D]. 北京:北京交通大学, 2002.
- [7] 张仕俊. 区域高速公路社会经济适应性评价方法研究[D]. 北京:北京交通大学, 2008.
- [8] 秦寿康. 综合评价原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2003.

-
- [9] Sinuany-Slern Z , Mehrez A , Hadad Yan. DEA/ AHP Method for Ranking Decision Making Units[J] .European Journal of Operational Research, 1999 , 12(4).
- [10] 李洁明, 祁新娥著. 统计学原理:第四版[M]. 上海:复旦大学出版社, 2007.
- [11] 刘奕, 贾元华, 石良清. 基于DEA 模型的区域高速公路社会经济适应性评价方法研究[J] .北京交通大学学报, 2007, (3).
- [12] 吕喜明, 马占新. 基于AH P 的样本数据包络分析模型[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版, 2008, 39(6).