

公路建设与社会经济协调发展评价

石兆旭, 崔 莹, 任福田, 石建军

(北京工业大学 交通研究中心, 北京 100022)

摘 要: 分析了公路建设和社会经济及两者协调发展的评价指标, 结合数据包络分析(DEA)方法与层次分析(AHP)方法的特点, 建立了带有 AHP 约束锥的公路建设与社会经济协调性评价模型(DEAHP), 提出了协调度的概念, 同时还给出了公路建设与社会经济协调性测度的公式. 为公路建设和社会经济协调发展的评价问题提供了一种新的方法.

关键词: 公路建设; 协调度; 数据包络分析法

中图分类号: U 412.1

文献标识码: A

文章编号: 0254-0037(2005)02-0165-04

1 评价模型建立的基本思想

公路建设与社会经济是 2 个互为输入输出的系统, 很难用确定的函数解析式表达. 公路建设程度评价指标及社会经济系统评价指标重要程度不同, 决定了评价问题应采取主客观分析相结合的方法. 数据包络分析(data envelopment analysis, 简称 DEA)方法依赖于投入指标与产出指标数据, 对各单元与部门进行相对效率评价, 它不必事先设定决策单元的具体输出输入函数, 在测定若干决策单元的相对效率时, 注重的是对每一个决策单元进行优化, 所得出的相对效率是其最大值, 所得出的权重也是最优的. 选用 DEA 方法可以避开输入输出指标的复杂性以及社会经济效益难以衡量的困难. 考虑到 DEA 方法本身的局限性, 为反映决策者对评价指标的偏好程度, 将 DEA 方法和层次分析(analytic hierarchy process, 简称 AHP)方法结合起来, 用于公路建设和社会经济协调发展评价问题当中, 会使评价结果更加符合实际, 这是建立公路建设与社会经济协调发展多指标评价模型的基本思想.

作者提出了公路建设与社会经济协调发展的评价指标体系, 应用 DEA 方法与 AHP 方法, 建立带有 AHP 约束锥的公路建设与社会经济协调发展评价问题的 DEAHP 模型, 并定义协调度等概念, 提出公路建设与社会经济协调性测度的公式.

2 评价指标的选取

2.1 公路建设评价指标

公路建设系统的评价指标应能够评价公路建设系统发展状况和特征, 并且是具有内在联系的指标群体. 本文给出公路建设系统评价指标的定义.

公路网面积密度(X_1): 反映了公路建设的发展规模以及公路建设的发展水平.

高等级路网比重(X_2): 反映了区域公路网的结构配置以及公路建设的现代化水平.

公路网饱和度(X_3): 反映了区域公路网的拥挤或利用程度及整个公路网适应负荷的能力.

2.2 社会经济评价指标

区域公路建设的发展受到社会经济系统内多方面因素的影响和制约. 公路建设对社会经济的影响也

是多领域的,具有不可确定性.

国内生产总值(GDP)(Y_1)从总体上反映了国民经济的发展状况 ;第三产业比重(Y_2)反映了区域经济结构的优化程度 ;区域总人口(Y_3)反映区域的人口规模 ;城镇人口比重(Y_4)反映了区域的城市化水平 ;交通吸引发生总量(Y_5)反映了区域对内对外运输的发展状况 ,并从侧面反映了经济对公路运输的要求 ;公路运输的比重(Y_6)这一指标反映了区域综合运输状况 ,即公路运输在区域交通运输中的重要程度.

2.3 公路建设与社会经济协调发展评价指标

公路建设对社会经济的状态协调度(μ_1)描述了公路建设发展规模与技术的实际有效程度与社会经济对于公路建设发展所要求的规模及技术有效值的接近程度.

社会经济对公路建设的状态协调度(μ_2)描述了社会经济对于公路建设支持与利用的实际有效程度与公路建设对于社会经济系统要求的协调度的接近程度.

社会经济与公路建设相互协调发展程度的状态协调度($\mu_{1.2}$ 或 $\mu_{2.1}$) :描述了公路建设与社会经济相互协调发展的程度.

3 带有 AHP 约束锥的 DEA 评价模型

假定有 n 个被评价部门 ,记为 $DMU_i, i = 1, 2, \dots, n$,有 m 个输入指标 ,其指标集为 $I = \{1, 2, \dots, m\}$ 和 s 个输出指标 ,指标集 $R = \{1, 2, \dots, s\}$,这 n 个评价单元的输入输出指标数据如下 :

评价单元 : $DMU_1, DMU_2, \dots, DMU_n$

输入指标 : X_1, X_2, \dots, X_n

输出指标 : Y_1, Y_2, \dots, Y_n

其中 $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T, Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T$ 为评价单元 DMU_j 的输入输出指标数据.

为了反映评价决策者对各指标重要性的偏好 ,分别对输入指标 $I = \{1, 2, \dots, m\}$ 和输出指标 $R = \{1, 2, \dots, s\}$ 使用 AHP 方法 ,进行两两比较 ,分别建立 2 个 9 标度判断矩阵 :

$$C'_m = (c'_{ij})_{m \times m} \quad B'_s = (b'_{ij})_{s \times s}$$

其中 $c'_{ij} > 0, c'_{ij} = c'_{ji}^{-1}$ 和 $c'_{ii} = 1, b'_{ij} > 0, b'_{ij} = b'_{ji}^{-1}$ 和 $b'_{ii} = 1$,然后按 AHP 方法对矩阵进行一致性检验 ,通常取 $C \cdot R < 0.1$,并认为判断矩阵的一致性可以接受 ,设 λ_C 和 λ_B 分别为判断矩阵 C'_m 和 B'_s 的最大特征值 ,并令

$$C = C'_m - \lambda_C E_m \quad B = B'_s - \lambda_B E_s$$

其中 E_m 与 E_s 分别为 m 阶和 s 阶单位矩阵 ,进一步构成多面闭凸锥 :

$$CW \geq 0, W = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T \geq 0$$

$$B\mu \geq 0, \mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s)^T \geq 0$$

并称其为 AHP 约束锥.

对于 DMU_{j_0} ,通常相对有效性 DEA 模型(C^2R 及 C^2GS^2)为

$$\begin{aligned} \max \quad & P_{j_0} = (\mu^T Y_{j_0} + \Delta \mu_0) \\ \text{s.t.} \quad & W^T X_j - \mu^T Y_j - \Delta \mu_0 \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ & W^T X_{j_0} = 1 \\ & W \geq 0, \mu \geq 0 \end{aligned}$$

其中 Δ 为参数 $\Delta = 0$ 为 C^2R 模型 $\Delta = 1$ 为 C^2GS^2 模型. 模型自身依赖于实际数据 ,为了能反映决策者在各指标上的差异 ,使用 AHP 方法对指标的权重选择加以一定限制 ,即在上述 DEA 评价模型中增加 AHP 约束锥 ,得到带有 AHP 约束锥的 DEA 评价模型为

$$\begin{aligned} \max \quad & P_{j_0} = (\mu^T Y_{j_0} + \Delta \mu_0) \\ \text{s.t.} \quad & W^T X_j - \mu^T Y_j - \Delta \mu_0 \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ & W^T X_{j_0} = 1 \end{aligned}$$

$$W \in V, \mu \in U \quad \Delta = 0, 1$$

其中, $V = \{W \mid CW \geq 0, W \geq 0\}; U = \{\mu \mid B\mu \geq 0, \mu \geq 0\}$.

上述模型称为带有 AHP 约束锥的 DEA 模型, 简记为 DEAHP.

模型(DEAHP)的对偶问题为:

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

其中, V^* 和 U^* 分别为 V 和 U 的负极锥.

4 协调发展评价的实现过程

4.1 协调发展有效性评价的实现过程

设输入指标向量为 $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, 输出指标向量为 $Y_j = (y_1, y_2, \dots, y_s)^T$, 第一步将模型的输入 $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ 取为公路建设程度的各项指标, 即以公路建设为输入, 假设整个公路建设的投资直至产生效益为一个生产过程, 以社会经济的各项指标为输出. 采用 DEAHP 模型, 可以得到公路建设规模与技术的有效程度, 记有效性指数为 α . 即得到公路建设系统对社会经济系统的状态协调度 $\mu_1 = \alpha$. 第二步, 将模型的输入 $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ 取为社会经济的各项指标, 公路建设各项指标为 $Y_j = (y_1, y_2, \dots, y_s)^T$, 即以社会经济为输入, 假设社会经济对公路建设的投入, 使用直至进一步推动公路建设发展为一个生产过程. 采用 DEAHP 模型进行计算, 得到社会经济支持和利用了公路建设的有效性指数, 记为 β . 即得到社会经济系统对公路建设系统的状态协调度 $\mu_2 = \beta$.

4.2 公路建设与社会经济协调性测度

用模糊数学中的隶属度概念来描述公路建设与社会经济发展的协调程度. 隶属度是 $[0, 1]$ 闭区间上的实数, 隶属度变化规律通过隶属度函数来反映. 应用这一思想, 可以建立公路建设与社会经济发展状态协调度函数, 以表示在给定数值下, 系统对“协调”这一模糊概念的隶属程度. 于是, 定义隶属函数为:

$$\mu(\theta) = \theta \tag{1}$$

式中: μ 为状态协调度; θ 为公路建设与社会经济互为输入/输出的生产过程的有效性指数. 由式(1)可知, 协调度与有效性指数呈线形关系, 有效性指数越接近于 1, 协调度 μ 就越大, 说明系统协调发展程度越高; 反之, 说明系统协调发展程度越低. 当有效性指数等于 1, 状态协调度为 1 时, 说明系统完全协调. 当有效性指数等于零时, 说明系统完全不协调.

公路建设与社会经济协调发展问题, 一方面要研究社会经济是否有力地支持和利用了公路建设, 即社会经济对公路建设的发展状态协调程度; 另一方面还要探讨对于社会经济而言, 公路建设发展规模与层次的有效程度, 即公路建设对社会经济的发展状态协调程度. 最终, 还要研究公路建设系统与社会经济系统之间相互协调发展的程度. 因此, 这里需要计算表征社会经济与公路建设相互协调发展程度的状态协调度 $\mu_{1,2}$ 或 $\mu_{2,1}$,

$$\mu_{1,2} = \min\{\mu_1, \mu_2\} / \max\{\mu_1, \mu_2\} \tag{2}$$

式(2)表明, μ_1 与 μ_2 的值越接近, $\mu_{1,2}$ 的值就越大, 表明公路建设系统与社会经济系统相互协调发展的程度越高; 反之, μ_1 与 μ_2 的值相差越大, $\mu_{1,2}$ 的值就越小, 表明公路建设系统与社会经济相互协调发展

的程度越低,当 $\mu_1 = \mu_2$ 时, $\mu_{1,2} = 1$ 表明公路建设的发展与社会经济的发展完全协调一致。

协调度的含义表征了公路建设与社会经济的协调一致程度,协调度越大,表明二者的发展具有较高的 consistency。协调度越小,说明不是公路建设滞后于社会经济的发展,就是公路建设超出了社会经济的支撑及利用能力。

5 结束语

建立了带有 AHP 约束锥的公路建设与社会经济协调发展评价问题的 DEAHP 模型,该模型既依赖于客观数据,又考虑到了决策者的偏好,评价结论与实际吻合较好。不仅可以考察社会经济系统是否有力地支持和利用了公路建设,而且还可以考察公路建设发展的规模与层次对于社会经济的有效程度,最终还可以考察公路建设与社会经济之间相互协调发展的程度。该问题的研究对于评价区域公路网建设状况,指导区域公路网规划,制定区域公路交通的发展战略具有现实作用。

参考文献:

- [1] 杨涛. 公路网规划[M]. 北京:人民交通出版社,1996.
YANG Tao. Highway Network Planning[M]. Beijing:China Communications Press,1996.(in Chinese)
- [2] 汪传旭. 交通运输与经济协调发展的建模及应用研究[D].[学位论文]. 上海:上海交通大学,1997.
WANG Chuan-xu. Study on Models and Application of Co-Ordinate Development of Transportation and Economy[D]. [Dissertation]. Shanghai:Shanghai Jiao Tong University,1997.(in Chinese)
- [3] 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):330-333.
WU Yu-hua, ZENG Xiang-yun, SONG Ji-wang. A DEA model with AHP restraint cone[J]. Journal of Systems Engineering,1999,14(4):330-333.(in Chinese)
- [4] 魏权龄. 评价相对有效性的 DEA 方法[M]. 北京:中国人民大学出版社,1998.
WEI Quan-ling. The DEA Method on Evaluating Relative Efficiency[M]. Beijing:China RenMin University Press,1998.(in Chinese)

Study on the Evaluation of Harmonious Development Between Social Economic Growth and Highway Building

SHI Zhao-xu, CUI Ying, REN Fu-tian, SHI Jian-jun

(Research Institute of Traffic Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: This paper analyzes the evaluation index of the harmonious development between social economic growth and highway building, and sets up an DEAHP model with the analytic hierarchy process (AHP) restraint based on the characteristic of data envelopment analysis (DEA) and AHP methods to evaluate the harmonious development process, and proposes a new concept, named harmony degree, and the series of formulas to measure the harmonious development between social economic growth and highway building. This study put forward a new method to evaluate the harmonious development between social economic growth and highway building. It is meaningful to guide the construction planning of region highway network.

Key words: highway building; harmony degree; data envelopment analysis