

文章编号: 0451-0712(2006)06-0020-04

中图分类号: U412.1

文献标识码: A

# 公路交通可持续发展 评价指标体系及评价方法研究

葛 亮, 信红喜, 马 俊

(交通部规划研究院 北京市 100029)

**摘 要:** 结合我国公路建设规划, 分析了公路交通可持续发展的内涵, 从公路交通自身可持续发展能力、人口、社会经济可持续发展能力、资源环境可持续发展能力、科技人才可持续发展能力及协调可持续发展能力等 5 个方面建立了评价指标体系, 探讨了指标的量化方法, 提出了公路交通可持续发展的 DEA 评价模型。最后, 通过实例进行了验证分析, 结果表明, 该方法具有较强的可操作性。

**关键词:** 公路交通; 可持续发展; 评价指标; 评价模型

## 1 公路交通可持续发展内涵

2004 年, 中国公路里程达到了 185 万 km, 比上年新增约 4 万 km, 其中, 等级公路 147 万 km, 高速公路 3.42 万 km, 分别比上年增长 2% 和 15%<sup>[1]</sup>。值得关注的是, 我国加快公路建设的步伐才刚刚开始, 大规模的公路建设还将持续 20 年以上。我国公路规划到 2010 年的目标是: 公路总里程达到 230 万 km, 高速公路达到 5.5 万 km, 二级以上公路达到 55 万 km; 2020 年的目标是: 公路总里程超过 300 万 km, 高速公路里程达 8.5 万 km, 二级以上公路达到 65 万 km<sup>[1]</sup>。可以断言, 我国公路交通在未来 20 年的迅猛发展无疑将对社会、经济、环境、资源产生巨大的压力。可喜的是, 我国政府对此高瞻远瞩, 已制定了针对性政策和导向性规划。交通部也组织了交通部规划研究院及相关科研部门对交通运输可持续发展进行了一系列的研究, 并取得了丰硕的科研成果, 这些研究成果的逐步实施, 对我国公路交通可持续发展深入贯彻将起到巨大的促进作用。

可持续发展涉及人类社会的许多方面, 公路交通可持续发展就是其中之一。作为经济发展和社会进步的基础设施, 公路交通有其自身的特点和发展规律, 这就要求我们应用可持续发展观点对其进行深入的研究和探讨。尤其是随着我国公路建设的大规模展开, 可持续发展也提到了一个更为重要的高

度, 需要交通管理部门及交通工程工作者结合我国的国情, 解决好公路建设与可持续发展之间的统一对立关系<sup>[2]</sup>。公路交通可持续发展的目标就是在推进公路交通建设和发展的同时, 重视生态环境的保护和资源的合理开发利用, 不仅合理安排好当前公路交通的发展, 而且要为未来的公路交通发展创造良好的条件。公路交通可持续发展是一个理想的宏观目标, 该目标的实现, 意味着人们的公路交通观念要有一个根本性的转变, 在整个发展过程中, 要协调好资源、环境、社会及经济发展之间的关系<sup>[3,4]</sup>。

本文从公路交通可持续发展能力角度出发, 建立评价指标体系, 通过对定量指标的标准化和定性指标的模糊量化, 提出一个较为实用的评价方法。旨在通过对可持续发展能力评价结果的量化和非可持续的原因诊断, 为决策部门提供一个相对客观的依据, 推动公路交通可持续发展。

## 2 评价指标体系的建立

公路交通可持续发展评价指标体系的建立过程应该是定性分析和定量研究的相互结合。定性分析主要考虑评价指标的完备性、针对性、稳定性、独立性等因素, 主观确定指标和指标结构的过程。定量研究则是通过一系列检验, 使评价指标体系更加科学和合理的过程。因此, 评价指标体系的构造过程可



通过指标初选和指标完善两个阶段完成。根据构建公路交通可持续发展评价指标体系的方法和原则,参考交通部规划研究院编制的“全面建设小康社会公路水路交通发展目标研究”及“重庆市全面小康社会交通发展目标研究”的成果,从公路交通自身可持续发展能力、人口、社会经济可持续发展能力、资源环境可持续发展能力、科技人才可持续发展能力及发展协调性等5个方面,筛选出37个评价指标(见表1)。

表1 公路交通可持续发展评价指标

属性	指标名称	量化方式
自身可持续发展能力	公路网总里程( $y_1$ )	定量
	高速公路里程比重( $y_2$ )	定量
	二级以上公路里程比重( $y_3$ )	定量
	公路网节点连通度( $y_4$ )	定量
	公路网饱和度( $x_1$ )	定量
	区域网值( $y_5$ )	定量
	公路网等级水平指数( $x_2$ )	定量
	建制村公路通达率( $y_6$ )	定量
	县乡公路路面铺装率( $y_7$ )	定量
	公路网面积密度( $y_8$ )	定量
	建制村班车通达率( $y_9$ )	定量
	客运站旅客发送量占公路客运量比重( $y_{10}$ )	定量
	民用汽车拥有量( $y_{11}$ )	定量
	高中级客车比例( $y_{12}$ )	定量
	货运站货物吞吐量占公路货运量比重( $y_{13}$ )	定量
	厢式及专业载货汽车比例( $y_{14}$ )	定量
人口、社会经济可持续发展能力	公路交通适应能力( $y_{15}$ )	模糊定量
	城间公路快速客运覆盖率( $y_{16}$ )	定量
	人均国内生产总值( $y_{17}$ )	定量
	国内生产总值增长率( $y_{18}$ )	定量
	公路网人口密度( $y_{19}$ )	定量
资源环境可持续发展能力	公路网经济密度( $y_{20}$ )	定量
	交通事故率( $x_3$ )	定量
	公路绿化率( $y_{21}$ )	定量
科技人才可持续发展能力	营运车辆单位运输量燃耗( $x_4$ )	定量
	万车公里占用土地面积( $x_5$ )	定量
	交通科技贡献率( $y_{22}$ )	定量
	交通人才队伍中大专以上学历比例( $y_{23}$ )	定量
	交通出行信息系统覆盖率( $y_{24}$ )	定量
协调可持续发展能力	电子政务率( $y_{25}$ )	定量
	高速公路交通事件自动侦测率( $y_{26}$ )	定量
	与城市规划的协调性( $y_{27}$ )	模糊定量
	与交通规划的协调性( $y_{28}$ )	模糊定量
	公路建设与社会经济发展的适应程度( $y_{29}$ )	模糊定量
	公路交通与环境资源协调程度( $y_{30}$ )	模糊定量
	公路交通与其他运输方式的协调程度( $y_{31}$ )	模糊定量
	公路交通与人口发展协调程度( $y_{32}$ )	模糊定量

### 3 DEA评价模型的应用研究

参考文献[2]从公路交通可持续发展水平、发展能力、发展协调性等3个方面建立了评价指标体系,提出了公路交通可持续发展的多级模糊识别综合评价,为可持续发展的评价提供了一个很好的范例。本文拟采用模糊识别原理,应用DEA评价模型,分析可持续发展程度及各指标从可持续角度出发所存在的不足。

#### 3.1 评价指标的量化

评价指标根据其性质可分为两类:一类是定量指标;另一类是定性指标。

##### (1) 定量评价指标的标准化。

评价指标确定后,通过查找统计资料或推导计算确定指标的属性值。但由于各指标的含义不同,造成各指标的量纲各异,因此,即使各指标都已定量化,也不便于横向比较。必须对指标进行标准化处理,统一变化到 $[0,1]$ 范围内。参考文献[2]提出了一个比较实用的量化方法,本文不再赘述。

##### (2) 定性评价指标的量化。

定性指标的量化采用模糊定量的方法进行量化,从实用角度出发,仍采用评价分级的方法确定,将 $\{(0, 0.2), (0.2, 0.4), (0.4, 0.6), (0.6, 0.8), (0.8, 1.0)\}$ 定义为(好,较好,一般,较差,差)。通过专家咨询调查,并用集值统计方法确定。

#### 3.2 评价模型的应用

以公路网总里程( $y_1$ )、高速公路里程比重( $y_2$ )、…、公路交通与人口发展协调程度( $y_{32}$ )等32个指标为输出指标,以公路网饱和度( $x_1$ )、公路网等级水平指数( $x_2$ )、…、万车公里占用土地面积( $x_5$ )等5个指标为输入指标,假定共有 $n$ 个被评价的目标,用 $x_{ij}$ 表示第 $j$ 个目标的第 $i$ 个输入指标值, $y_{rj}$ 表示第 $j$ 个目标的第 $r$ 个输出指标值( $i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n; r=1,2,\dots,32$ ),则第 $j_k$ 个目标的评价指数由式(1)的数学规划最优值决定。

$$(C^2R) \begin{cases} \max h_{j_k} = \frac{\sum_{r=1}^{32} u_r y_{rj_k}}{\sum_{i=1}^5 v_i x_{ij_k}} \\ \text{s. t. } \frac{\sum_{r=1}^{32} u_r y_{rj_k}}{\sum_{i=1}^5 v_i x_{ij_k}} \leq \frac{\sum_{r=1}^{32} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^5 v_i x_{ij}}, j=1, L, n \\ u_r \geq 0, r=1, 2, L, 32 \\ v_i \geq 0, i=1, 2, 3, 4, 5 \end{cases} \quad (1)$$



式中:  $v_i$  表示第  $i$  个输入指标的权重系数,  $u_r$  表示第  $r$  个输出指标的权重系数, 它们都是上述规划中的决策变量, 因此其最优解最有利于第  $j_k$  个目标的权重分配。

通过引入  $C^2$  变换, 上述分式规划与下述线性规划是等价的:

$$(P) \begin{cases} \max u^T y_{j_k} = V_p \\ \text{s. t. } \omega^T x_{j_k} - \omega^T y_j \geq 0, j=1, \Lambda, n \\ \omega^T x_{j_k} = 1 \\ \omega \geq 0, u \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中:  $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{32j})^T, y_j = (y_{1j}, y_{2j}, y_{3j}, y_{4j}, y_{5j})^T (j=1, 2, 3, \dots, n)$

$\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3, K, \omega_{32})^T \quad u = (u_1, u_2, u_3, u_4, u_5)^T$

(P)的对偶规划为:

$$(D) \begin{cases} \min \theta = V_D \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + S^- = \theta x_{j_k} \\ \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j + S^+ = y_{j_k} \\ \lambda_j \geq 0, j=1, L, n \\ S^+ = (S_1^+, S_2^+, S_3^+, S_4^+, S_5^+) \geq 0 \\ S^- = (S_1^-, S_2^-, S_3^-, L, S_{32}^-) \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

式中:  $\theta$  为第  $j_0$  个目标的可持续发展评价指标;  $\lambda_j$  为相对于第  $j_0$  个目标重新构造一个有效目标组合中第  $j$  个目标的组合比例;  $S^-, S^+$  为松弛变量。

对于模型(P), 若其最优解  $\omega^0, u^0$  满足  $V_p = u^{0T} \cdot y_{j_k} = 1$ , 则称第  $j_k$  个目标的可持续发展为弱 DEA 有效; 在上述条件下, 若还有  $\omega^0 > 0, u^0 > 0$ , 则称第  $j_k$  个目标的可持续发展为 DEA 有效。同样对于模型(D), 若(D)的最优值  $V_D = 1$ , 则第  $j_k$  个目标的可持续发展为弱 DEA 有效; 若在上述条件下, 它的每个最优解,  $\lambda^0 = (\lambda_1^0, \lambda_2^0, \Lambda, \lambda_n^0)^T, S^{0+}, S^{0-}, \theta^0$ , 均有  $S^{0+} = 0, S^{0-} = 0$ , 则第  $j_k$  个目标的可持续发展为 DEA 有效。

设其最优解为  $\lambda^*, S^{*-}, S^{*+}, \theta^*$ , 有以下结论:

(1) 若  $\theta^* = 1.0$ , 则第  $j_k$  个目标为弱 DEA 可持续有效(总体);

(2) 若  $\theta^* = 1.0$ , 且  $S^{*-} = S^{*+} = 0$ , 则第  $j_k$  个目标为 DEA 可持续有效(总体);

(3) 令  $\hat{x}_{j_0} = \theta^* \cdot x_{j_0} - S^{*-}, \hat{y}_{j_0} = y_{j_0} + S^{*+}$ , 则称  $(\hat{x}_{j_0}, \hat{y}_{j_0})$  为  $(x_{j_0}, y_{j_0})$  在有效前沿面上的投影, 相对于原来的  $n$  个目标是可持续有效的(总体);

(4) 若存在  $\lambda_j^*$ , 使  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* = 1.0$ , 则第  $j_k$  个目标为总体效益不变; 若不存在  $\lambda_j^*$ , 使  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* = 1.0$  成立, 且  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* < 1.0$ , 则第  $j_k$  个目标为总体效益递增; 若不存在  $\lambda_j^*$ , 使  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* = 1.0$  成立, 且  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* > 1.0$ , 则第  $j_k$  个目标为总体效益递减。

根据 DEA 的有关理论以及总体可持续发展效率  $\theta^*$  和纯技术可持续发展效率  $\sigma^*$  (计算方法与公式 3 类似), 可按下式计算得到规模可持续发展效率  $\eta^*$ :

$$\eta^* = \theta^* / \sigma^* \quad (4)$$

通过对输入冗余率和输出亏空率的计算, 可以得到非有效可持续向有效可持续转变时, 输入指标值需减少的比例和输出指标值需增加的比例。

#### 4 实例分析

本文以 4 个地级市为例进行分析, 限于篇幅, 原始数据不再赘述, 只对计算结果进行分析。

利用线性规划模型(D)求得各目标总体可持续发展评价指标  $\theta_j^*$  以及输入输出指标的松弛变量和可持续发展程度判断指数的  $\sum \lambda_j^*$  最优值, 限于篇幅输入输出指标的松弛变量的计算结果不再列出。利用线性规划模型求得的各目标技术可持续发展程度指数的最优值  $\sigma_j^*$ 、通过式(4)求得的各目标规模可持续发展效率指数  $\eta_j^*$  以及通过计算求得的输入冗余率和输出亏空率见表 2。根据上述计算结果可以进行以下分析。

(1) 运行有效性分析: 依据总体、技术和规模可持续发展评价指标值  $\theta_j^*, \sigma_j^*$  和  $\eta_j^*$  的大小顺序, 可以排出各目标可持续发展的优劣情况。其中 C 市的总体、技术和规模可持续发展评价指标都是 1.0, 其可持续发展程度均达到了 DEA 有效, 其余 3 个市的可持续发展程度均为 DEA 无效。

(2) 规模效益分析: 现以 D 市为例进行说明。D 市的总体、技术和规模可持续发展评价指标均小于 1.0, 总体效益是递增的, 即有很大的可持续发展空间。

(3) 输入冗余率及输出亏空率分析: 输入冗余率和输出亏空率为各市改善可持续发展程度提供改进与调整的方向。仍以 D 市为例, 虽然表中所述改善方



表 2 可持续发展程度以及输入冗余率和输出亏空率

指标		A 市	B 市	C 市	D 市
$\theta_j^*$		0.937	0.922	1.000	0.740
$\sigma_j^*$		0.964	0.957	1.000	0.793
$\eta_j^*$		0.972	0.963	1.000	0.870
$\sum \lambda_j^*$		0.837	1.120	0.915	0.913
总体效益		递增	递减	递增	递增
可持续发展程度排序		2	3	1	4
输入冗余率 %	$\alpha_{x1j}$	5.7	14.6	0.0	44.3
	$\alpha_{x2j}$	0.0	10.8	2.5	17.2
	$\alpha_{x3j}$	1.3	5.4	22.8	10.9
	$\alpha_{x4j}$	0.0	9.8	1.5	14.8
	$\alpha_{x5j}$	15.8	0.0	0.0	52.9
输出亏空率 %	$\alpha_{y1j}$	5.4	74.3	0.0	22.1
	$\alpha_{y2j}$	6.2	2.5	1.8	5.9
	$\alpha_{y3j}$	0.0	7.4	0.0	9.7
	$\alpha_{y4j}$	1.8	2.6	0.0	5.8
	$\alpha_{y5j}$	41.2	25.8	31.6	14.6
	$\alpha_{y6j}$	0.0	14.6	0.0	0.0
	$\alpha_{y7j}$	5.3	0.0	2.4	10.8
	$\alpha_{y8j}$	7.2	74.6	0.0	54.1
	$\alpha_{y9j}$	2.7	9.8	0.0	14.3
	$\alpha_{y10j}$	0.0	4.1	9.6	15.6
	$\alpha_{y11j}$	3.8	9.9	0.0	8.4
	$\alpha_{y12j}$	16.0	22.7	2.9	31.5
	$\alpha_{y13j}$	6.9	18.1	1.0	14.9
	$\alpha_{y14j}$	7.9	0.0	0.0	11.3
	$\alpha_{y15j}$	0.0	11.5	6.4	15.7
	$\alpha_{y16j}$	51.6	61.3	22.5	126.7
	$\alpha_{y17j}$	12.3	17.8	0.0	6.5
	$\alpha_{y18j}$	6.9	8.5	21.3	19.7
	$\alpha_{y19j}$	8.4	24.1	1.2	23.5
	$\alpha_{y20j}$	6.6	5.2	19.6	11.4
	$\alpha_{y21j}$	0.0	18.1	0.0	6.7
	$\alpha_{y22j}$	6.3	2.8	1.4	6.7
	$\alpha_{y23j}$	15.2	18.7	6.9	17.4
	$\alpha_{y24j}$	8.5	10.1	2.3	0.0
	$\alpha_{y25j}$	5.1	0.0	6.4	16.3
	$\alpha_{y26j}$	19.2	44.3	5.4	48.9
	$\alpha_{y27j}$	1.8	5.4	0.0	3.1
	$\alpha_{y28j}$	8.7	15.7	2.3	1.5
	$\alpha_{y29j}$	0.0	8.6	0.0	15.3
	$\alpha_{y30j}$	2.5	4.1	8.9	11.4
	$\alpha_{y31j}$	0.0	18.2	17.1	54.3
	$\alpha_{y32j}$	4.1	8.4	0.0	2.3

案在实际情况下实施时具有一定的难度,但可以以此为目标,通过高等级公路的建设、提高公路通达深度、提高城间公路快速客运覆盖率、加强公路交通与其他运输方式的协调程度等手段提高可持续发展程度。

通过表中数据还可计算出输入、输出指标对可持续发展程度的影响及可持续发展程度为 DEA 无效的原因。通过对这些问题的诊断进行有针对性的改善和提高,以实现公路交通的持续发展。

## 5 结语

可持续发展是一全新的、全球性的、具有战略意义的发展观念,是人类 21 世纪的主题。公路交通可持续发展是理想的宏观目标,要靠具体的微观目标来体现,解决发展与协调的关系,才能达到理想的可持续发展。本文正是从这一角度出发,对公路交通与经济、社会、人口、资源和环境的协调发展进行了指标体系的建立及评价方法的研究,以期通过评价改善能使公路交通的发展在自身可持续发展能力、人口、社会经济可持续发展能力、资源环境可持续发展能力、科技人才可持续发展能力、协调可持续发展能力等方面形成良性循环,真正实现公路交通可持续发展。

## 参考文献:

- [1] 交通部规划研究院. 全面建设小康社会公路水路交通发展目标研究[R], 2003.
- [2] 张生瑞,等. 公路交通可持续发展评价指标及评价方法研究[J]. 中国公路学报, 2005, 18(2).
- [3] 刘昌勇. 论中国公路交通的可持续发展[J]. 西安公路交通大学学报, 2000, 20(3).
- [4] 马春艳,等. 现代公路交通体系的可持续发展[J]. 西安建筑科技大学学报, 2004, 23(1).

# Evaluation Indices System and Model of Highway Transportation Sustainable Development

GE Liang, XIN Hong-Xi, MA Jun

(Transport Planning and Research Institute, Ministry of Communications, Beijing 100029, China)

**Abstract:** Combined with the highway construction and planning in China, the connotation of highway transportation sustainable development is analyzed. The evaluation indices system is set up from



文章编号: 0451-0712(2006)06-0024-04

中图分类号: U491.5

文献标识码: B

# 公路安全保障工程措施探讨

谷志杰, 马敬坤

(河北交通职业技术学院 石家庄市 050091)

**摘 要:** 为了在 109 国道河北段进行以“消除隐患、珍视生命”为主题的“公路安全保障工程”, 以及建设文明样板路工程(GBM 工程)的要求, 对 109 国道河北段进行文明样板路安全保障工程设计研究。设计本着“安全、环保、经济、实用”的总原则, 同时在标准规范允许的范围内对设计项目进行大胆创新。针对急弯路段、陡坡路段、视距不良路段和路侧危险路段等, 设计了相应的改善措施, 以消除交通安全隐患。

**关键词:** 公路; 安全保障; GBM 工程; 防护工程

109 国道, 北京—银川—兰州—西宁—拉萨, 起点北京市, 终点西藏拉萨市, 途经河北、山西、内蒙、宁夏、甘肃、青海, 全长 3 972 km。109 国道河北段不仅是国家公路网的重要组成部分, 也是河北省公路网的主骨架之一。109 国道河北段的公路交通量增长很快, 由于是晋煤外运的主干线, 机动车超载现象比较普遍。2002 年, 109 国道河北段年平均日交通量为 1 919 辆/日。109 国道建成时间比较早, 虽然经历了几次改造、大修, 但长期以来, 受资金、环境、理念等众多因素的制约, 其在质量、功能、服务和管理等方面还不能适应社会和国民经济发展的要求, 无法满足公众的安全期望和全面建设小康社会的要求。为了提高我国公路基础设施的服务水平, 保障行车安全, 交通部决定: 从 2004 年开始在全国国省干线公路上实施以“消除隐患、珍视生命”为主题的“公路安全保障工程”。实施“公路安全保障”工程是减少我国公路交通安全事故发生率, 为经济、社会的快速发展和人民群众的生命财产安全提供保障的迫切需要; 同时也为了配合 2004 年 5 月 1 日正式实

施的《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》。依据交通部及河北省交通厅的有关要求, 在 109 国道河北段建设文明样板路工程。

## 1 任务依据及标准

(1) 交通部与河北省建设文明样板路工程有关标准:

《国省干线 GBM 工程实施标准》(91) 交工字 125 号;  
《国省干线公路文明建设样板路实施标准》。

(2) 交通部发[2004]81 号下发的关于《公路安全保障工程实施方案》的通知。

(3) 交通部公路科学研究所、交通部公路交通安全工程研究中心编《交通部公路安全保障工程实施暂行技术要求》(送审稿), 2004 年 5 月。

(4) 交通部颁发的公路工程标准、规范、规程等。

## 2 109 国道安全保障工程调查

依据《公路安全保障工程实施技术要求》中对实施公路安全保障路段的判定指标, 109 国道河北段

收稿日期: 2005-12-27

five aspects of sustainable development of highway transportation, population and social economy, resources and environment, science and technology, and harmonization. After discussing the quantification method of evaluation indices, the DEA evaluation model of highway transportation sustainable development is put forward. Then, instance analysis is provided to show the practicability of the proposed model in using.

**Key words:** highway transportation; sustainable development; evaluation indices; evaluation model