

# 综合交通运输体系 安全评价模型的建立

游鹏飞, 牟瑞芳

(西南交通大学 交通运输学院, 四川 成都 610031)

**摘要:** 为构建综合交通运输体系安全评价模型, 首先建立评价指标体系, 并建立希尔伯特指标空间, 运用泛函理论和层次分析法确定指标层和准则层的权重, 再通过模糊综合评判法确定准则层和目标层的安全等级。通过该评价模型, 可对不同城市或地区综合交通运输的安全状况做出评价。

**关键词:** 综合交通运输; 安全评价; 希尔伯特空间; 模糊综合评判

准则层和目标层的安全等级。

## 1 综合交通运输体系安全评价指标的建立

一个城市或地区的综合交通运输系统安全状况可以从投入、事故及影响3个指标衡量。

(1) 投入指标由人力投入、财力投入及物力投入组成。其中, 人力投入( $A_1$ )包括: 综合交通运输职工的人数投入, 安全管理人员的投入, 专业作业人员的投入。财力投入( $A_2$ )包括: 安全技术措施资金的投入, 员工安全培训的资金投入, 新建、改建、扩建项目中安全设备的资金投入, 各种检测、检验设备的资金投入。物力投入( $A_3$ )包括: 安全设施设备的投入, 消防设施的投入, 劳保用品投入, 道路线路长度, 运输线路质量, 航线条数, 民用航班机场数量, 主要运输工具(汽车、船舶、铁路机车车辆、民用飞机)数量, 技术装备先进水平等。

(2) 事故指标包括: 百万旅客伤亡率( $B_1$ )、百万吨货运伤亡率( $B_2$ )及财产损失率( $B_3$ )。

(3) 影响指标由经济影响、社会影响及环境影响组成。其中, 经济影响( $C_1$ )指发生人员伤亡或货运事故后对经济的影响, 包括: 直接影响和间接影响, 其影响是指程度。社会影响( $C_2$ )是指民众的心理及潜在精神上的影响。环境影响( $C_3$ )是指发生重大事故后对环境的污染程度。

## 2 基于泛函评价模型的构建

模型是在确定的评价指标的基础上建立起来的, 并将指标体系空间化, 即建立希尔伯特指标空间, 通过权重计算将指标向量与安全指数向量相联系。

**综**合交通运输体系, 是指适应于一个国家或地区的经济地理要求的各种运输方式协调发展、分工协作、优势互补, 并采用现代先进技术在物理上和逻辑上实现一体化的交通运输系统的总称<sup>[1]</sup>, 综合交通运输体系主要包括公路运输、水路运输、航空运输、铁路运输和管道运输等5种, 而综合运输体系不仅是简单的组合, 更体现在各种交通方式的相互联系、相互协调, 使客货运更简捷、方便。

约在20世纪四五十年代, 国外一些发达国家就开始了综合交通运输体系的研究, 我国较系统的综合交通运输体系理论, 是在20世纪80年代才逐渐完善。

随着综合交通运输体系的发展, 新技术、新设备的运用, 安全问题不容忽视, 为此对综合交通运输体系安全评价问题进行探索。

为构建综合交通运输体系安全评价模型, 需首先建立评价指标体系, 运用泛函理论和层次分析法确定指标层和准则层的权重, 再通过模糊综合评判法确定

## 2.1 指标空间的标准化

指标层包括准则层中投入、事故、影响3个因子共9项基本指标,考虑到希尔伯特空间具有良好的数乘性,则建立1个9维希尔伯特指标空间 $H^9$ ,其每一维对应1项评价指标。

设 $i = (i_1, i_2, \dots, i_9)$ 是 $H^9$ 的一组标准正交基,指标向量 $Z$ 是原始指标在 $H^9$ 上的分布,向量 $T$ 是考虑各指标权重后的空间。则指标向量 $Z$ 可表示为<sup>[2]</sup>: $Z = \lambda_1 i_1 + \lambda_2 i_2 + \dots + \lambda_9 i_9$ ,且存在映射 $\nabla$ (权重向量)使得 $T = \nabla Z = \nabla_1 \lambda_1 i_1 + \nabla_2 \lambda_2 i_2 + \dots + \nabla_9 \lambda_9 i_9$ 。

## 2.2 指标权重的确定

### 2.2.1 准则层因子权重的确定

3个因子的权重的确定方法为:将一个地区或城市的综合交通运输安全状况的判别归结为投入、事故、影响3个指标,准则层因子的权重系统为 $C_k$ 。其计算式为<sup>[2]</sup>:

$$C_k = \sum_{j=1}^4 \sum_{s=1}^n l_{kjs} / \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^4 \sum_{s=1}^n l_{kjs}$$

式中: $k$ 为指标类型, $k$ 取1~3,分别为投入指标、事故指标、影响指标; $j$ 为第 $k$ 类指标下事故的级别数, $j$ 取1~4,分别对应特大事故、重大事故、大事故、一般事故; $s$ 为第 $k$ 类指标下第 $j$ 级事故的件数; $l_{kjs}$ 为第 $k$ 类指标下第 $j$ 级事故中第 $s$ 件事故的综合经济损失额(人员伤亡也折算成经济额)。

### 2.2.2 指标层因子权重的确定

(1) 投入指标。投入越多越好,由于针对事故和影响指标为越小越好, $w_j / \sum_{j=1}^3 w_j$ 为投入的指标层因子权重,为了使准则层具有可比性,本文在投入指标中运用 $C_k = 1 - w_j / \sum_{j=1}^3 w_j$ 为权重值, $C_k$ 越小越好。

(2) 事故指标。人员伤亡事故或货运事故都可以折算成经济损失,用经济损失率来衡量事故指标比较合适,事故指标中各项的权重。

事故指标准则层的权重可由模糊评判方法予以确定,最终确定的指标层因子相对应准则层因子的权重为: $\nabla_n = C_k p_{kj} \quad n = 1, 2, \dots, 9$

(3) 影响指标。事故对城市或地区的经济影响、社会影响、环境影响一般不能用定量的方法进行衡量,本文采用层次分析法<sup>[3]</sup>确定指标因子的权重。

## 2.3 评价模型

建立的评价模型框图见图1。

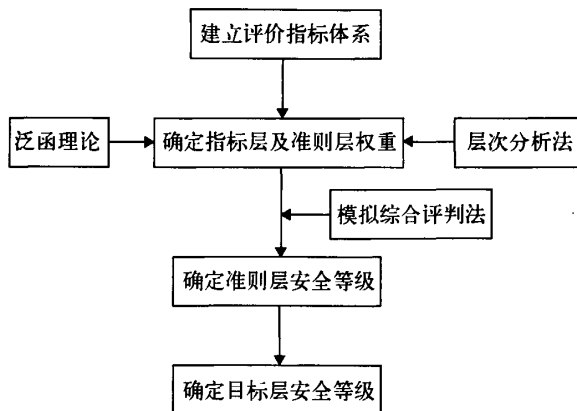


图1 评价模型框图

## 2.4 评价方法

### 2.4.1 层次分析法确定权重

(1) 建立评价矩阵 $P = (u_{ij})$ 。

(2) 计算重要性排序。

① 计算判断矩阵每行元素的乘积 $M_i = \prod_{j=1}^n u_{ij} (i, j = 1, 2, \dots, n)$ ;

② 计算 $M_i$ 的 $n$ 次方根 $W_i = \sqrt[n]{M_i}$ ;

③ 对向量 $W_i = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ 作归一化或正规化处理,即 $W_i = \overline{W}_i / \sum_{j=1}^n \overline{W}_j$ ;则 $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ 即为所求特征向量;

④ 计算判断矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^n (PW) / nW_i = (1/n) \sum_{j=1}^n (PW) / W_i$ 。

(3) 一次性检验。权重的分配是否合理,尚需对判断矩阵进行一致性检验。

### 2.4.2 模糊评判法确定安全等级

(1) 确定评价对象集、因素集和评语集。其对象集为 $O = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$ ;因素集为 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5\}$ ;评语集为 $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ ,城市的安全状况可以分为差、一般、好。

(2) 建立评价因素的权分配矩阵。根据层次分析法计算得出的权重向量,第 $i$ 个子集的 $m$ 个因素的权重分配矩阵为: $A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})$ 。

(3) 评价指标的量化,建立评价矩阵。评价指标可以通过隶属度函数方法进行量化。任意因素的评价矩阵为 $R_{ij} = (r_{ij1}, r_{ij2}, \dots, r_{ijn})$ 。

(4) 模糊综合评价的数学模型。 $B_i = A_i \circ R_i = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{in})$ , $B$ 是 $\{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5\}$ 单因素评判矩阵,

每个 $U_i$ 作为 $U$ 的一部分,反映 $U$ 的某类属性,可按它们的重要程度给出权重分配矩阵。 $B = (a_1, a_2, \dots, a_i)$ ,即综合评价结果。按模糊数学中最大隶属度原则,取 $B$ 中 $V_k = \max\{V_j\}$ 。

3 实例分析

对某城市的综合交通运输系统进行安全状况的评价。

3.1 确定评价指标体系

按照投入指标、事故指标及影响指标的内容建立安全评价指标体系。

3.2 确定指标层及准则层权重

应用泛函理论及层次分析法对指标层确定权重(见表1),按照评价过程和步骤,再运用模糊数学理论计算出准则层及目标层的安全等级。

表1 某城市综合交通运输系统安全评价表

目标层		某城市综合交通运输安全状况(T)								
准则层	投入指标(A)			事故指标(B)			影响指标(C)			
底层指标代号	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	
指标层权重	0.44	0.35	0.21	0.23	0.52	0.25	0.32	0.36	0.36	
准则层权重	0.54			0.26			0.20			

3.3 模糊综合评判

通过请城市规划、交通及安全专业的经验人士对其进行打分,结合隶属度函数可确定 $U_1$ (投入指标)的评价矩阵 $R_1$ 。

设评价过程中安全状况分等级为:差、一般、好。

$A = (0.44, 0.35, 0.21)$

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.3 \\ 0.3 & 0.2 & 0.5 \\ 0.1 & 0.3 & 0.6 \end{bmatrix}$$

因此, $U_1$ 的一级模糊评价为: $A \circ R_1 = (0.30, 0.27, 0.43)$ ,所以投入指标的等级为“好”。同样可以得到 $B \circ R_2 = (0.20, 0.48, 0.32)$ ,  $C \circ R_3 = (0.06, 0.33, 0.61)$ 即事故指标等级为“一般”,影响指标等级为“好”。

$$R = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.27 & 0.43 \\ 0.20 & 0.48 & 0.32 \\ 0.06 & 0.33 & 0.61 \end{bmatrix}$$

$$T = (0.54, 0.26, 0.20)$$


$T \circ R = (0.20, 0.34, 0.44)$ ,所以该城市的安全状况属于“好”。

通过综合运用泛函理论、层次分析法及模糊综合评判法,形成综合交通运输安全状况的评价模型。由于综合交通运输比较宏观,评价指标及权重很难准确量化,引进泛函理论可以减少主观性。研究中对某些细节还不够深入,有待进一步研究。

参考文献:

[1] 李 冰. 浅谈我国综合交通运输体系[J]. 交通标准化, 2005, (1): 36-38.  
[2] 郭孜政, 唐优华. 单机机值乘安全性评价模型[J]. 中国铁道科学, 2008, 29(1): 107-113.  
[3] 王明明. 模糊综合评价理论在工程中的应用[J]. 低温建筑技术, 2008, (4): 130-132.

# 综合交通运输体系安全评价模型的建立

作者: 游鹏飞, 牟瑞芳  
作者单位: 西南交通大学, 交通运输学院, 四川, 成都, 610031  
刊名: 铁道运输与经济   
英文刊名: RAILWAY TRANSPORT AND ECONOMY  
年, 卷(期): 2009, 31(10)  
被引用次数: 0次

## 参考文献(3条)

1. 李冰. 浅谈我国综合交通运输体系[J]. 交通标准化, 2005, (1):36-38.
2. 郭孜政, 唐优华. 单司机值乘安全性评价模型[J]. 中国铁道科学, 2008, 29(1):107-113.
3. 王明明. 模糊综合评价理论在工程中的应用[J]. 低温建筑技术, 2008, (4):130-132.

## 相似文献(1条)

### 1. 学位论文 张万磊 大型LNG船舶进出曹妃甸港区通航安全保障评价研究 2009

能源是国民经济和社会发展的重要战略物资, 中国要实现可持续发展必须实现能源发展方式的转型, 即能源供应要从简单的满足经济发展的需求转向保障需求与环境效益并重。进口LNG对我国发展国民经济、调整能源结构、改善环境质量、提高生活水平、促进经济与环境协调发展具有重要意义。特别是1998年9月国务院批准广东LNG先行试点, 标志着我国天然气开发利用进入全面快速发展的重要时期。中国政府决定在我国沿海地区扩大使用LNG, 是推动我国能源领域发展的一项重大战略决定。

发展LNG产业, 已直接带动我国航运、造船、冶金、化工、机械电子、金融、保险、城市燃气等相关产业发展, 并将创造显著的经济和社会效益, 符合我国新型工业化发展的基本方向。

因此, 进一步落实LNG发展规划, 加快我国沿海地区引进LNG各项工作, 继续全面开放和全面对外合作, 加强管理和市场建设, 推动天然气等清洁能源利用, 将对调整能源结构、改善生态环境, 建设资源节约型和环境友好型社会起到积极促进作用。

然而我国的LNG主要依靠进口, 而LNG的运输主要依靠水上交通运输。水上交通运输是国家综合交通运输体系的重要组成部分, 而水上交通运输又需要通过建立安全、畅通的通航环境加以保护。显然, 没有良好的水上交通安全就难以获得和营造良好的通航环境和通航秩序, 从而就不能保证水上交通运输事业的顺利发展。通航安全保障作为水上交通安全的重要方面是时刻不容忽视的。因此, LNG船舶进出港的通航安全对于保障LNG的安全运输具有非常重要的意义。

本文共分为五章: 第一章主要阐述本论文课题的研究背景、来源、内容、意义及国内外现状分析。第二章主要在分析曹妃甸港区的概况及该水域的通航环境特性的基础上提出了安全评价指标体系, 并介绍了大型LNG船舶的相关特性。第三章主要安全评价概况, 通航安全评价的概念, 评价方法的选取。第四章主要在以上的基础上建立曹妃甸港区大型LNG船舶通航安全保障评价模型, 并对大型LNG船舶进出曹妃甸港区进行通航安全保障评价, 对结果进行分析。第五章主要总结全文得出结论, 并提出相应的建议或措施, 同时对评价结果进行展望。

本论文从曹妃甸港区具体情况出发, 结合理论分析, 重点在建立数学模型的基础之上, 通过计算确定大型LNG船舶进出曹妃甸港区是否安全。为大型LNG船舶的进出港安全保障评价提供了一种有效的方法, 为优化大型LNG船舶的进出港通航环境提供了重要参考依据。同时还为制定大型LNG船舶的进出港安全保障措施方面提供了重要参考!

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_tdysyjj200910029.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_tdysyjj200910029.aspx)

授权使用: 吉黑销售区(wfjihei), 授权号: e664901d-bcf8-4940-b96d-9e8e01499e27

下载时间: 2011年2月18日