

应用模糊数学评判高速公路 路段通行能力

张亚平^{1,2}, 胡章立¹

(1. 长沙理工大学公路学院 长沙市 410076; 2. 哈尔滨工业大学 哈尔滨市 150090)

摘 要: 针对高速公路路段通行能力影响因素的不确定性和模糊性, 利用层次分析法确定各影响因素的权重, 运用模糊数学基本原理建立了模糊综合评判模型, 对某高速公路路段通行能力进行了模糊综合评价, 说明了其实用性, 为高速公路路段通行能力的评判提供了一种有效的方法。

关键词: 高速公路; 通行能力; 模糊综合评判

基本路段通行能力是指在通常的道路和交通条件下, 路段上某一断面所容许通过的单向单车道最大持续交通流。通行能力定义是在某种前提或理想条件下的道路通行能力, 而实际情况下的道路交通条件是千差万别的, 影响道路通行能力的因素很多, 如道路等级、车道宽度、几何线形、路肩宽度、侧向净空、交通组成等等。模糊综合评判决策是对受多种因素影响的事物做出全面评价的一种十分有效的多因素决策方法。在高速公路路段通行能力的影响因素中, 很多因素很难进行精确的量化, 利用模糊数学中的综合评判原理, 能建立起相对科学的综合评判数学模型。

1 模糊综合评价原理

1.1 一级模糊综合评价模型

模糊综合决策的数学模型由三个要素组成, 其步骤分为四步。

(1) 因素集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 。

(2) 评判集(评价集或决断集) $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 。

(3) 单因素评判 $f: U \rightarrow F(V)$ 。

$u_i \alpha f(u_i) = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im}) \in F(V)$

模糊映射 f 可以诱导出模糊关系 $R_f \in F(U \times V)$, 即

$R_f(u_i, v_j) = f(u_i)(v_j) = r_{ij}$

因此 R_f 可由模糊矩阵 $R \in u_n \times m$ 表示:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

称 R 为单因素评判矩阵。称 (U, V, R) 构成一个模糊综合决策模型, U, V, R 是此模型的三要素。

(4) 综合评判。

对于权重 $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$, 取 \max - \min 合成运算, 即用模糊型 $M(\wedge, V)$ 计算, 可得到综合评判:

$B = A \circ R$

其中 B 称为模糊综合评判集, 其元素 $b_i (i=1, 2, \dots, n)$ 为模糊综合评判指标, 即综合考虑评价集中的各个因素后, 评价对象对评价集中第 i 个元素 v_i 的隶属度。“ \circ ”表示某种模糊算子, 在获得了模糊综合评判集 B 后, 即可根据最大隶属原则确定评价对象的评价结果。

1.2 多级模糊综合评价模型

在复杂的问题中, 考虑的因素很多, 而且因素之间有层次之分, 此时可以将因素集分成若干组, 先对第二级因素集进行单因素评判, 然后再对第一级因素集做综合评判。

2 高速公路路段通行能力的评价指标

影响高速公路路段通行能力的影响因素很多, 它们之间的关系也很复杂, 通过分析, 建立如表 1 所

示的评价指标体系。

表 1 高速公路路段通行能力的评价指标体系

目标层	高速公路路段通行能力综合评判			
准则层	道路条件	交通状况	交通设施状况	环境状况
指标层	1. 道路宽度 2. 车道数 3. 视距条件 4. 纵坡 5. 中间带宽度 6. 断面形式	1. 交通组成 2. 车道分布特性 3. 方向分布特性	1. 标志、标线 2. 控制方式	1. 气候 2. 温度 3. 横向干扰 4. 交通事故

3 高速公路路段通行能力多级模糊综合评判模型

3.1 建立因素集

表 1 中 15 个评价指标构成因素集,并将其分为 4 类,建立如下因素集:

$$u_1 = \{u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}, u_{16}\}$$

$$u_2 = \{u_{21}, u_{22}, u_{23}\}$$

$$u_3 = \{u_{31}, u_{32}\}$$

$$u_4 = \{u_{41}, u_{42}, u_{43}, u_{44}\}$$

3.2 确定各因素的权重

本文对各因素的权重运用层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP) 来确定,各因素的权重如表 2。

3.3 建立评判集

在本文中,评价集取 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\} = \{\text{很好, 好, 一般, 较差, 差}\}$ 。

3.4 多级模糊综合评判

表 2 各影响因素的权重分配

二级因素指标	二级因素指标权重	一级因素指标	一级因素指标权重
道路条件	0.559	道路宽度 u_{11}	0.370
		车道数 u_{12}	0.156
		视距条件 u_{13}	0.094
		纵坡 u_{14}	0.234
		中间带宽度 u_{15}	0.066
		断面形式 u_{16}	0.08
交通状况	0.24	交通组成 u_{21}	0.57
		车道分布特性 u_{22}	0.333
		方向分布特性 u_{23}	0.097
交通设施状况	0.125	标志、标线 u_{31}	0.8
		控制方式 u_{32}	0.2
环境状况	0.076	气候 u_{41}	0.221
		温度 u_{42}	0.087
		横向干扰 u_{43}	0.518
		交通事故 u_{44}	0.174

某高速公路为双向六车道的直线路段,每个车道宽度为 3.2 m,中央分隔带宽度为 1.5 m,纵坡为 1%。交通状况、交通设施状况和环境状况,以基金项目组的调查为依据。以此高速公路路段为例,对其通行能力进行综合评判。本文主要是说明模糊综合评判的具体方法,仅采用具有代表性的数据,在实际应用当中,要经过实际调查和专家咨询等多种方式综合确定。指标层的单因素评价情况如表 3 所示。

表 3 指标层单因素的评判

评价等级	u_{11}	u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{15}	u_{16}	u_{21}	u_{22}	u_{23}	u_{31}	u_{32}	u_{41}	u_{42}	u_{43}	u_{44}
很好	0	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0	0.1
好	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3
一般	0.4	0.2	0.3	0.2	0.4	0.4	0.5	0.4	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4
较差	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2
差	0.1	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0

(1) 准则层评价。

道路条件:

$$\text{评价矩阵 } R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{权重集 } w_1 = [0.370 \quad 0.156 \quad 0.094 \quad 0.234 \quad 0.066 \quad 0.08]$$

$$\text{道路条件评价 } u_1 = w_1 \circ R_1 = [0.118 \quad 2 \quad 0.339 \quad 0.312 \quad 6 \quad 0.169 \quad 8 \quad 0.060 \quad 4]$$

交通状况:

$$\text{评价矩阵 } R_2 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}$$

权重集 $w_2 = [0.57 \quad 0.333 \quad 0.097]$

交通状况评价 $u_2 = w_2 \circ R_2 = [0.119 \ 4 \quad 0.219 \ 4 \quad 0.437 \ 6 \quad 0.190 \ 3 \quad 0.033 \ 3]$

交通设施状况:

评价矩阵 $R_3 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}$

权重集 $w_3 = [0.8 \quad 0.2]$

交通设施状况评价 $u_3 = w_3 \circ R_3 = [0.2 \quad 0.38 \quad 0.32 \quad 0.1 \quad 0]$

环境状况:

评价矩阵 $R_4 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}$

权重集 $w_4 = [0.221 \quad 0.087 \quad 0.518 \quad 0.174]$

环境状况评价 $u_4 = w_4 \circ R_4 = [0.056 \ 9 \quad 0.277 \ 9 \quad 0.451 \ 8 \quad 0.243 \ 1 \quad 0.022 \ 1]$

(2) 目标层的评价。

评价矩阵

$R = [u_1 \quad u_2 \quad u_3 \quad u_4]^T = \begin{bmatrix} 0.118 \ 2 & 0.339 & 0.312 \ 6 & 0.169 \ 8 & 0.060 \ 4 \\ 0.119 \ 4 & 0.219 \ 4 & 0.437 \ 6 & 0.190 \ 3 & 0.033 \ 3 \\ 0.2 & 0.38 & 0.32 & 0.1 & 0 \\ 0.056 \ 9 & 0.277 \ 9 & 0.451 \ 8 & 0.243 \ 1 & 0.022 \ 1 \end{bmatrix}$

权重集 $w = [0.559 \quad 0.24 \quad 0.125 \quad 0.076]$

综合评价 $U = w \circ R = [0.124 \ 1 \quad 0.310 \ 8 \quad 0.354 \ 1 \quad 0.171 \ 6 \quad 0.043 \ 4]$

根据最大隶属度原则,可见该高速公路路段的通行能力综合评价为“一般”。

4 结语

高速公路路段通行能力的评判要考虑很多因素,并且许多因素是不确定的、模糊的,本文针对这一特点,利用模糊综合评判原理建立了高速公路路段通行能力的模糊综合评判模型,有一定的实用性,可供参考。同时也得指出,本文主要是说明模糊综合评判具体方法的应用,仅采用了具有代表性的数据。在实际应用当中,还要经过实际调查和专家咨询等多种方式综合确定。

参考文献:

- [1] 谢季坚,刘承平.模糊数学方法及其应用[M].华中科技大学出版社.1999.
- [2] 张起森,张亚平.道路通行能力分析[M].人民交通出版社.2002.
- [3] 任福田,等译.道路通行能力手册[M].中国建筑工业出版社.1990.
- [4] 曾小明,李朝晖.城市平交口通行能力的综合评价.佛山科学技术学院学报(自然科学版),2003,(1).
- [5] 杨伟杰,裴玉龙,徐秋实.模糊数学在城市交通政策评价中的应用.公路,2003,(4).

Traffic Capacity of Expressway Section Evaluated by Fuzzy Math

ZHANG Ya-ping^{1,2}, HU Zhang-li¹

(1. School of Highway Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China;

2. Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: According to uncertainty and fuzzy of influence factors of traffic capacity of expressway section, the weight of influence factors are certained by Analytic Hierarchy Process, the model of fuzzy comprehensive evaluation is established by the basic principle of fuzzy math, and fuzzy comprehensive evaluation is carried out for the traffic capacity of certain expressway section, it shows its practicability. So it provides a valid method basis for evaluating the traffic capacity of expressway section.

Key words: expressway; traffic capacity; fuzzy comprehensive evaluation