

基于物元分析法的火车站交通影响评价模型

A Matter-Element Based Traffic Impact Evaluation Model for Rail Stations

鄢勇飞 朱顺应 王红 朱凯 辛文慧 王延峰

(武汉理工大学交通学院, 武汉 430063)

Yan Yongfei, Zhu Shunying, Wang Hong, Zhu Kai, Xin Wenhui and Wang Yanfeng

(School of Transportation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

摘要: 针对火车站建设项目的复杂性和特殊性,提出了基于物元分析法的火车站交通影响评价模型。首先介绍了物元分析模型的建立过程,在此基础上,分别从交通特性、社会经济和生态环境3个方面选取路段饱和度、紧急疏散系数、项目区位、大气环境等11个特征物元作为火车站交通影响评价的特征指标,确定了各特征指标的评价等级与划分标准。最后,将评价模型应用于温州市铁路新客站交通影响评价中,结果表明,该项目的建成对周边交通环境的影响属于“可接受影响”的范围,与项目预测评价结果相符合,证明了评价模型的可行性。

Abstract: With respect to the complexity and particularity of rail station projects, this paper presents a traffic impact evaluation model for rail stations, based on Matter Element Analyses. The paper starts with an introduction of the process to develop a matter element analysis model, using eleven characteristic indices for traffic impact evaluation of rail stations, including road capacity saturation, emergency evacuation coefficient, project location and the atmosphere environment, with all of them selected from three aspects, i.e., traffic characteristics, social economy, and eco-environment. Then the evaluation grading and standard cutoffs for each index are determined. Finally, a case study of a new rail station in Wenzhou is conducted to validate feasibility of the evaluation model. The results show that the degree of impact of the project on the surrounding traffic is acceptable which is consistent with the forecasting evaluation results.

关键词: 交通规划; 交通影响评价; 火车站; 物元分析法; 特征指标; 关联度

Keywords: transportation planning; traffic impact evaluation; rail station; Matter Element Analyses; characteristic indices; conjunction degree

中图分类号: U491

文献标识码: A

收稿日期: 2008-04-11

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)资助
(2005CB724205)

作者简介: 鄢勇飞, 男, 武汉理工大学交通学院硕士研究生, 主要研究方向: 交通规划与管理。E-mail: yanyf2005@163.com

0 引言

交通影响评价是在项目的立项或审批阶段, 分析评价该项目在建成后对周边交通环境产生的影响, 从而确定改善方案以减小此项目开发带来的负面影响。物元模型是由我国学者蔡文教授提出的, 该模型能将定性和定量因素联系起来进行研究, 通过关联度分析, 使评价中的问题定量化。与目前广泛采用的模糊数学和灰色系统评价模型不同, 物元分析法的关联度函数概念将评价取值由这两种模型的 $[0, 1]$ 区间扩展至 $(-\infty, +\infty)$ 区间, 由于引入了负数概念的关联度, 使得评价可以在整个实数范围内进行, 不会出现信息丢失, 因此保证了各影响因素信息的完整性^[1-3]。

物元分析法已经在生态环境、城市资源评价等方面得到了应用^[2,4-5]。文献[3]、文献[6]等对物元法在一般建设项目交通影响评价中的应用进行了分析, 但所选评价指标均局限于项目本身的日常交通特性, 未考虑紧急情况下的交通影响, 如2008年初的雪灾造成火车站旅客大面积滞留对周边交通的影响、在火灾等事故发生的紧急情况下需要将旅客和工作人员紧急疏散至站前广场等安全的地方等。同时, 忽略了由交通影响所衍生的社会经济和生态环境等问题, 不能适用于火车站建设这一重大交通工程项目的交通影响评价^[7]。本文分别从交通特性、社会经济和生态环境3个方面选取评价指标, 建立基于物元分析法的火车站交通影响评价模型。

1 物元分析模型的建立

1.1 确定待评物元

物元即由所描述的事物 N 、特征 C 和关于各特征的量值

X组成的一个三元组, 记为 $R=(N, C, X)$, 其中X是对应于C的量值。各特征及其对应的量值, 构成了物元的各维空间。如果某事物有 n 个特征 C_1, C_2, \dots, C_n , 其对应的量值记为 X_1, X_2, \dots, X_n , 则称事物为 n 维物元, 其物元

$$\text{矩阵记为 } R = \begin{bmatrix} N_0 & C_1 & X_1 \\ & C_2 & X_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & X_n \end{bmatrix}。$$

1.2 确定经典域物元矩阵和节域物元矩阵

物元矩阵按照各特征值的一般量值范围和最高允许量值范围, 又分为经典域物元矩阵和节域物元矩阵。将标准事物记为 N_j , N_j 的特征 C_i 的量值范围为 $X_{ji} = \langle a_{ji}, b_{ji} \rangle$, 称为经典域, 则经典域物元矩阵记为 R_j 。记 P 表示待评物元特征量值的全体, $X_{pi} = \langle a_{pi}, b_{pi} \rangle$ 为 P 关于 C_i 所取的量值范围, 称为节域, 则节域物元矩阵记为 R_p 。 R_j, R_p 表达式分别为:

$$R_j = (N_j, C_i, X_{ji}) = \begin{bmatrix} N_j & C_1 & X_{j1} \\ & C_2 & X_{j2} \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & X_{jn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_j & C_1 & \langle a_{j1}, b_{j1} \rangle \\ & C_2 & \langle a_{j2}, b_{j2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & \langle a_{jn}, b_{jn} \rangle \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$R_p = (P, C_i, X_{pi}) = \begin{bmatrix} P & C_1 & X_{p1} \\ & C_2 & X_{p2} \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & X_{pn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P & C_1 & \langle a_{p1}, b_{p1} \rangle \\ & C_2 & \langle a_{p2}, b_{p2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & \langle a_{pn}, b_{pn} \rangle \end{bmatrix}。 \quad (2)$$

1.3 确定各特征指标的权重

由于各特征指标对待评物元的影响程度不同, 因此需根据其相对重要程度分别赋予不同的权重。计算权重的常用方法有指数超标法^[6]、层次分析法(AHP法)^[3,8]、专家调查法、可拓法^[3]和基于因子分析的层次分析法(F-AHP法)^[9]等。F-AHP法能避免评价指标间相关性和指标权重计算的主观性, 因此本文选用该方法计算特征指标的客观权重。

1.4 确定关联度函数和评价等级

在物元分析评价中, 关联度函数表示物元的量值取为实轴上一点 x 时, 物元符合所要求的取值范围的程度。按照区间模的计算公式, 得到 $\langle a_{ji}, b_{ji} \rangle$ 的模为^[1,3]:

$$d = |X_{ji}| = |b_{ji} - a_{ji}|, \quad (3)$$

根据点到区间的距离公式, 得到某点 X_i 到区间 X_{ji} 和

X_{pi} 的距离分别为:

$$\rho(X_i, X_{ji}) = |X_i - (a_{ji} + b_{ji})/2| - (b_{ji} - a_{ji})/2, \quad (4)$$

$$\rho(X_i, X_{pi}) = |X_i - (a_{pi} + b_{pi})/2| - (b_{pi} - a_{pi})/2, \quad (5)$$

则各特征指标属于各评价等级的关联度为:

$$K_j(X_i) = \begin{cases} -\rho(X_i, X_{ji})/d & X_i \in X_{ji} \\ \rho(X_i, X_{ji})/(\rho(X_i, X_{pi}) - \rho(X_i, X_{ji})) & X_i \notin X_{ji} \end{cases}, \quad (6)$$

式中: $K_j(X_i)$ 表示第 i 项特征指标属于第 j 级的关联度。

然后, 根据式(6)计算各特征指标的关联度, 将其与特征指标相应的权重相乘得到各特征指标的关联程度, 即可确定待评物元属于各评价等级的综合关联度:

$$K_j(N_0) = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot K_j(X_i), \quad (7)$$

式中: $K_j(N_0)$ 为待评物元 N_0 关于 j 等级的多个特征指标综合关联度。若 $\max K_j(N_0) = K_{j0}$, 则可以确定待评物元 N_0 属于等级 j ; ω_i 为第 i 项特征指标的权重。

关联度 $K_j(N_0)$ 数值的大小表示待评物元符合标准等级的隶属程度, 其值越大, 表明符合程度越高: ①当 $K_j(N_0) < -1$ 时, 表示待评物元不符合标准等级的要求, 且不具有转化为符合该标准等级的条件, 其数值越小, 距离该标准等级越远; ②当 $-1 \leq K_j(N_0) < 0$ 时, 表示待评物元不符合标准等级的要求, 但具有可转化为符合该标准等级的条件, 其数值越大, 越容易向该标准等级转化; ③当 $0 \leq K_j(N_0) \leq 1$ 时, 表示待评物元符合标准对象等级的程度; ④当 $K_j(N_0) > 1$ 时, 表示待评物元超过了该标准等级的上限, 且其数值越大, 待评物元的开发潜力越大^[6]。

2 火车站交通影响特征指标的选取

交通影响特征指标的选取要遵循全面性、独立性、容易量化和可操作性原则^[6], 需兼顾直接影响和间接影响, 才能较客观地反映建设项目对项目影响范围内交通环境的影响程度。火车站作为城市重大交通工程项目, 具有特殊性——公共性和交通性^[7]。鉴于此, 本文除考虑日常交通特性外还引入了紧急疏散系数, 并结合文献[6]和文献[10]选取 11 个特征指标进行分析(见表 1), 对特征指标及其评价等级划分标准进行解释:

1) 路段饱和度、交叉口饱和度和机动车停车需求饱和度和指标由文献[11]建议的划分标准, 参照城市道路服务水平指标进行分级, 饱和度越小, 对周边交通环境的影响就越小。

2) 紧急疏散系数用来反映紧急情况下站前广场的疏散

能力。该值越大，表明广场疏散能力越强，则疏散的人群对周边交通环境的影响就越小。

紧急疏散系数可表示为： $\frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{S/k}{H+W}$ ，式中： α 为站场等级系数； β 为紧急事件的持续时间影响系数； S 为站前广场旅客活动地带和人行道的面积/ m^2 ； k 为站前广场使用面积指标/ $(m^2 \cdot 人^{-1})$ ； H 为GB50226-95《铁路旅客车站建筑设计规范》(以下简称《旅规》)中定义的最高聚集人数/人； W 为火车站工作人员数/人。

α , S , k 根据《旅规》中站场等级规模取值。站场等级越高， α 取值越大，紧急疏散系数值越大，站场疏散能力越强，对周边交通环境的影响越小； β 根据车站设计年限进行预测，事件持续时间越短， β 取值越小，紧急疏散时间越短，对周边交通环境影响的越小。

3) 换乘衔接性、行人过街设施、开发类型、项目周边土地开发强度和项目区位等定性指标借鉴文献[6]中的方法进行评价等级的划分，其值越小，表明对项目周边交通环境的影响越小。其中，换乘衔接性考虑了常规公交、轻轨和地铁等换乘工具；行人过街设施综合考虑了过街天

桥、地下通道、信号灯控制和标志标线等设施。

4) 大气环境指标，根据GB3095-1996《环境空气质量标准》并借鉴文献[2]和文献[12]进行划分；振动环境指标，根据GB10070-88《城市区域环境振动标准》所规定的铁路干线两侧的振动标准值划分。

3 实例应用

以温州市铁路新客站交通影响评价为例，结合以上特征指标来说明物元分析模型在火车站交通影响评价中的应用。温州市铁路新客站位于瓯海区三溪片中部，设计最高聚集人数3 500人，站场等级规模为大型站。项目周边主要由温瞿公路、六虹桥路、瓯海大道、站东路、站西路和翠微大道6条城市主干路组成。表2^[13]给出了特征指标的取值。

3.1 待评物元矩阵

根据表2确定待评物元矩阵R:

表1 火车站交通影响特征指标和评价等级划分标准

Tab.1 Characteristic indices and standard cutoffs of evaluation grading of rail station

| 指标分类 | 特征指标 | 评价等级 | | | | |
|------|------------|---|---|---|---|---|
| | | 1级 基本无影响 | 2级 有一定影响 | 3级 可接受影响 | 4级 不可接受影响 | 5级 严重影响 |
| 交通特性 | 路段饱和度 | (0.0,0.4] | (0.4,0.6] | (0.6,0.8] | (0.8,0.9] | (0.9,1.0) |
| | 交叉口饱和度 | (0.0,0.4] | (0.4,0.6] | (0.6,0.8] | (0.8,0.9] | (0.9,1.0) |
| | 机动车停车需求饱和度 | (0.0,0.4] | (0.4,0.6] | (0.6,0.8] | (0.8,0.9] | (0.9,1.0) |
| | 换乘衔接性 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |
| | 紧急疏散系数 | $\frac{\alpha}{\beta} \cdot (0.8, 1.0)$ | $\frac{\alpha}{\beta} \cdot (0.6, 0.8]$ | $\frac{\alpha}{\beta} \cdot (0.4, 0.6]$ | $\frac{\alpha}{\beta} \cdot (0.2, 0.4]$ | $\frac{\alpha}{\beta} \cdot (0.0, 0.2]$ |
| 社会经济 | 行人过街设施 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |
| | 开发类型 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |
| | 项目周边土地开发强度 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |
| 生态环境 | 项目区位 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |
| | 大气环境 | (50,100] | (100,150] | (150,200] | (200,250] | (250,280) |
| | 振动环境 | (50,80] | (80,90] | (90,100] | (100,110] | (110,120) |

表2 特征指标的取值

Tab.2 Characteristic indices values

| 特征指标 | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | C_5 | C_6 | C_7 | C_8 | C_9 | C_{10} | C_{11} |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 指标取值 | 0.79 | 0.86 | 0.8 | 3 | 2.0 | 3 | 8 | 4 | 3 | 170 | 95 |

$$R = \begin{bmatrix} N_0 & C_1 & X_1 \\ & C_2 & X_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{11} & X_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_0 & C_1 & 0.79 \\ & C_2 & 0.86 \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{11} & 95 \end{bmatrix} \quad (8)$$

3.2 确定经典域物元矩阵和节域物元矩阵

根据表1可得各评价等级的经典域物元矩阵和节域物元矩阵:

$$R_1 = \begin{bmatrix} \text{1级} & C_1 <0.0, 0.4> \\ & C_2 <0.0, 0.4> \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{11} <50, 80> \end{bmatrix}, R_2 = \begin{bmatrix} \text{2级} & C_1 <0.4, 0.6> \\ & C_2 <0.4, 0.6> \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{11} <80, 90> \end{bmatrix},$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} \text{3级} & C_1 <0.6, 0.8> \\ & C_2 <0.6, 0.8> \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{11} <90, 100> \end{bmatrix}, R_4 = \begin{bmatrix} \text{4级} & C_1 <0.8, 0.9> \\ & C_2 <0.8, 0.9> \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{11} <100, 110> \end{bmatrix}, \quad (9)$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} \text{5级} & C_1 <0.9, 1.0> \\ & C_2 <0.9, 1.0> \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{11} <110, 120> \end{bmatrix}, R_p = \begin{bmatrix} N_p & C_1 <0.0, 1.0> \\ & C_2 <0.0, 1.0> \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{11} <0, 120> \end{bmatrix} \circ$$

3.3 确定各特征指标的权重

根据F-AHP法计算得到各特征指标的权重, 计算结果见表3。

3.4 计算各特征指标关联度和综合关联度

根据式(3)~(7)计算各特征指标的关联度和综合关联度, 计算结果见表4。

从表4可以看出, 温州市铁路新客运站的交通影响与3级评价等级的关联度最大, 表明该项目的建成对周边交通环境的影响属于“可接受影响”的范围, 与项目预测评价结果相符合。

4 结语

火车站建设项目的交通影响评价需要综合考虑多方面的定性定量因素, 涉及到日常交通和紧急情况下的交通影响, 以及由交通影响所衍生的经济、生态环境等问题。本文建立了基于物元分析法的火车站交通影响评价模型, 将定性因素进行了定量化分析, 同时, 使评价取值范围在 $(-\infty, +\infty)$ 区间内, 避免了评价指标域值范围的转化,

表3 各特征指标的归一化权重
Tab.3 Normalization weight of each characteristic index

| 特征指标 | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ | C ₆ | C ₇ | C ₈ | C ₉ | C ₁₀ | C ₁₁ |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 指标权重 | 0.049 | 0.054 | 0.130 | 0.117 | 0.151 | 0.154 | 0.027 | 0.061 | 0.070 | 0.031 | 0.156 |

表4 各特征指标的关联度
Tab.4 Conjunction degree of each characteristic index

| 特征指标 | 评价等级 | | | | |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1级 | 2级 | 3级 | 4级 | 5级 |
| 路段饱和度 | -0.650 | -0.475 | 0.050 | -0.045 | -0.344 |
| 交叉口饱和度 | -0.767 | -0.650 | -0.300 | 0.400 | -0.222 |
| 机动车停车需求饱和度 | -0.667 | -0.500 | 0.000 | 0.000 | -0.333 |
| 换乘衔接性 | -0.400 | 0.000 | 0.400 | 0.429 | -0.571 |
| 紧急疏散系数 | -0.286 | 0.333 | -0.167 | -0.444 | -0.583 |
| 行人过街设施 | -0.400 | 0.000 | 0.400 | 0.429 | -0.571 |
| 开发类型 | -0.875 | -0.833 | -0.750 | -0.500 | 0.500 |
| 项目周边土地开发强度 | -0.429 | -0.200 | 0.200 | 0.429 | -0.429 |
| 项目区位 | -0.400 | 0.000 | 0.400 | 0.429 | -0.571 |
| 大气环境 | -0.389 | -0.154 | 0.400 | -0.214 | -0.421 |
| 振动环境 | -0.375 | -0.167 | 0.500 | -0.167 | -0.375 |
| 综合关联度 | -0.460 | -0.139 | 0.179 | 0.078 | -0.439 |

实例应用分析结果表明该模型是可行的。

火车站建设项目的交通影响评价是一个涉及到交通、经济和环境等多因素的综合评价问题,需要进行全面客观的分析,对于不同环境与紧急情况下评价指标和等级标准量值的划分还有待进一步完善。

参考文献

- 1 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1998
- 2 吴华军, 刘年丰, 何军, 宋巍巍. 基于物元分析的生态环境综合评价研究[J]. 华中科技大学学报(城市科学版), 2006, 23(1): 52-55
- 3 沈海剑. 基于物元的建设项目交通影响程度研究[D]. 成都: 西南交通大学硕士学位论文, 2006
- 4 门宝辉, 梁川. 城市环境质量综合评价物元模型及其应用[J]. 系统工程理论与实践, 2003, (3): 134-139
- 5 Liu Yunguo, Fan Ting. Study on Tourist Carrying Capacity Based on Matter Element Analysis[J]. Ecological economy, 2005, 1(2): 23-27
- 6 王晓宁, 盛洪飞, 孟祥海. 基于物元分析的交通影响评价模型[J]. 公路交通科技, 2007, 24(3): 102-106
- 7 周翔, 韩印, 范炳全. 城市重大交通工程项目的交通影响分析研究——以温州市瓯江隧道工程为例[J]. 城市交通, 2006, 4(6): 58-63
- 8 马荣国, 杨申琳. 基于物元分析的AHP确定指标权重方法[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2003, 23(5): 117-119
- 9 朱顺应, 王红, 严新平. 道路交通安全宏观评价F-AHP法[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2005, 29(5): 697-699
- 10 姚智胜, 邵春福, 熊志华. 城市建设项目交通影响分析方法探讨[J]. 交通运输系统工程与信息, 2004, 4(3): 60-64
- 11 徐吉谦, 任福田. 交通工程总论[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002
- 12 黄初龙, 章光新, 杨建锋. 中国水资源可持续利用评价指标体系研究进展[J]. 资源科学, 2006, 28(2): 33-40
- 13 温州市铁路新客站交通影响分析报告[R]. 浙江: 温州市城建设计院, 2007

(上接第70页)

- 1 The Institution of Highways & Transportation. Guidelines for Traffic Impact Assessment[Z]. London: The Institution of Highways & Transportation, 1994
- 2 Scottish Road Authorities. Guidelines on Traffic Impact Analysis[Z]. Edinburgh: TERU, Napier Polytechnic, 1989
- 3 Highways Department. Guidelines on Traffic Impact Assessment & Day-Time Ban Requirements for Road Works on Traffic Sensitive Routes. (RD/GN/021) [Z]. Hong Kong: Hong Kong Government, 1995
- 4 黄良会. 从香港的经验看蜕变中城市交通与运输的发展与管理[A]. 中国城市交通规划学会. 迈向二十一世纪的中国城市交通[C]. 兰州: 中国城市交通规划学会, 1999. 89-96
- 5 Peter K S Pun. Landuse-Transportation Inter-relationship in Hong Kong's Territorial Development[R]. Research Bulletin No: 13, Hong Kong: Hong Kong Public Policy Research Institute, 2001
- 6 信报. 和合中心二期规模削31%投资50亿[N]. 信报, 2008-11-20(首版)
- 7 黄良会, 黄仲川. 对香港TOD的一点体验[A]. 上海-香港城市交通规划与政策学术交流会技术报告[C]. 上海: 上海市城市综合交通规划研究所, 2008
- 8 张跃全. 交通影响分析在城市土地开发中的应用探讨[EB/OL]. [2007-12-12]. http://www.kmuti.com/ArtChange/Thesis/200708/ArtChange_73.html
- 9 郑连勇. 城市交通影响评价[M]. 北京: 中国建筑出版社, 2006