

文章编号: 1002-0268 (2011) S1-0023-03

# 基于判别分析法的交叉口进口道 交通状态预测

于景飞

(内蒙古科技大学 建筑与土木工程学院 内蒙古 包头 014010)

**摘要:** 针对交叉口进口道交通状态的模糊性和不确定性, 在综合考虑影响进口道交通状态因子的基础上, 选取到达率、排队长度、信号周期、饱和度和车道数为预测交叉口进口道交通状态的影响因子。采用判别分析法中的 Fisher 判别法, 利用调查得到的样本数据建立了交叉口进口道交通状态预测模型, 并用调查得到的验证样本进行验证, 结果表明利用 Fisher 判别法能够有效的进行交叉口进口道交通状态的预测。

**关键词:** 交叉口; 交通状态; Fisher 判别法

**中图分类号:** U491      **文献标识码:** A

## Prediction of Traffic State at Intersection Entrance Based on Discriminant Method

YU Jingfei

(School of Architecture and Civil Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology,  
Baotou Inner Mongolia 014010, China)

**Abstract:** Aimed at the vagueness and uncertainty of traffic state at intersection entrance, we chose the influence factors including arrival rate, queue length, signal cycle, saturation, and number of lane for predicting traffic state at intersection entrance based on comprehensive consideration of influence factors of traffic state at entrance. We established the traffic state prediction model for intersection entrance through surveyed sample data based on Fisher discriminant analysis, which is verified by the related sample data. The result shows that the traffic state at intersection entrance could be predicted effectively by Fisher discriminant method.

**Key words:** intersection; traffic state; Fisher discriminant method

## 0 前言

城市平面交叉口是城市道路内各种车辆交汇、分离的地点, 由于在此处汇集的车辆各自最终行驶方向不一, 使得交叉口容易产生冲突和干扰, 造成交叉口交通状态难以预测, 给交通管理与控制带来一定困难。针对这一问题人们做了大量研究: 丁柏群、宋小艳进行了平面交叉口交通拥挤技术评价指标体系的探讨<sup>[1]</sup>; 华中平、肖定华等采用相似聚类分析方法对交叉口交通流量进行预测<sup>[2]</sup>; 翁小雄、谭国贤等利用时间序列法进行了城市交叉口交通流

短时预测<sup>[3]</sup>; 张磊元、树爱兵利用多属性决策法对交叉口交通拥挤度进行了评价<sup>[4]</sup>。这些方法各有其优缺点, 本文采用判别分析法对城市道路平面交叉口进口道的交通状态进行预测。

## 1 判别分析法的基本原理

判别分析法属多元统计分析, 其基本原理是在将已知研究对象分成若干类型并已取得各种类型的一批已知样品的观测数的基础上, 根据某些准则建立判别式, 然后对未知类型的样品进行判别分析。其关键是判别函数的确定, 判别分析法的判别准则

有距离判别法、Fisher 判别法、Bayers 判别法和逐步判别法等<sup>[5]</sup>。由于 Fisher 判别法对总体分布的要求相对不是特别严格,所以本文采用 Fisher 判别法对城市道路平面交叉口进口道的交通状态进行预测。

### 1.1 Fisher 判别法的基本思想

Fisher 判别的基本思想是投影,即将  $K$  组  $p$  维数据投影到某一个方向,使得组与组间的距离最大,然后借助一元方差的思想构造一个线性判别函数:

$$y = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_px_p,$$

式中,系数  $c_1, c_2, \dots, c_p$  确定原则是两组间离差达到最大并且每个组内离差最小。

判别式确定以后,对于一个新的样本,将描述它的  $p$  个指标代入该式求出判别值  $y$ ,然后将它与临界判别值  $y_0$  进行比较,依据判别准则判断它属于哪一个总体。

### 1.2 判别函数建立

设有两个总体  $G_1, G_2$ , 分别从两个总体中抽取  $n_1$  和  $n_2$  个样品,每个样品均观测  $p$  个指标。然后将上述  $n_1, n_2$  个样品分别代入判别式  $y = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_px_p$ ,可以得到两组间的离差(以  $Q_1$  表示)和两组内的离差(以  $Q_2$  表示)。

$$Q_1 = Q_1(c_1, c_2, \dots, c_p) = (\bar{y}^{(1)} - \bar{y}^{(2)})^2,$$

$$Q_2 = Q_2(c_1, c_2, \dots, c_p) =$$

$$\sum_{i=1}^{n_1} (\bar{y}^{(1)} - \bar{y}^{(2)})^2 + \sum_{i=1}^{n_2} (\bar{y}^{(1)} - \bar{y}^{(2)})^2.$$

对于分类来说,要求组间离差平方和  $Q_1$  越大越好,而组内离差平方和  $Q_2$  则越小越好。据此构造函数  $F = Q_1/Q_2$ , Fisher 准则要求选取的系数向量  $(c_1, c_2, \dots, c_p)$  应该使得目标函数  $F$  最大。利用数学分析的极值原理,可以得到以下方程组:

$$\begin{cases} s_{11}c_1 + s_{12}c_2 + \dots + s_{1p}c_p = d_1, \\ s_{21}c_1 + s_{22}c_2 + \dots + s_{2p}c_p = d_2, \\ \dots \\ s_{p1}c_1 + s_{p2}c_2 + \dots + s_{pp}c_p = d_p \end{cases}$$

其中:

$$d_k = \bar{x}_{ik}^{(1)} - \bar{x}_{ik}^{(2)}$$

$$\bar{X}^{(i)} = (x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, \dots, x_p^{(i)})$$

$$s_{kl} = \sum_{i=1}^{n_1} (x_{ik}^{(1)} - \bar{x}_k^{(1)})(x_{il}^{(1)} - \bar{x}_l^{(1)}) +$$

$$\sum_{i=1}^{n_2} (x_{ik}^{(2)} - \bar{x}_k^{(2)})(x_{il}^{(2)} - \bar{x}_l^{(2)})$$

解上述方程组即可求出  $c_1, c_2, \dots, c_p$ , 从而得到 Fisher 判别函数。

### 1.3 判别准则

判别函数确定之后,尚需要建立判别准则,首

先需要确定判别临界点  $y_0$ 。假设两总体先验概率相等,取  $y_0$  为  $\bar{y}^{(1)}$  和  $\bar{y}^{(2)}$  的加权平均值,即:  $y_0 = \frac{n_1 \bar{y}^{(1)} + n_2 \bar{y}^{(2)}}{n_1 + n_2}$ 。

对一个新样品  $X = (c_1, c_2, \dots, c_p)$  代入判别函数中求出判别值记为  $y$ ,如果  $\bar{y}^{(1)} > \bar{y}^{(2)}$ ,则建立判别准则:若  $y > y_0$ ,则判定  $X \in G_1$ ;如果  $\bar{y}^{(1)} < \bar{y}^{(2)}$ ,则建立判别准则:若  $y > y_0$ ,则判定  $X \in G_2$ ,否则判定  $X \in G_1$ 。

### 1.4 判别准则检验

为考察上述判别准则的优良性,采用以训练样本为基础的回代估计法计算误判率。仍以 2 个总体  $G_1$  和  $G_2$  为例,来自总体  $G_i (i = 1, 2)$  的训练样本  $X_i^{(k)} = \{x_{i1}^{(k)}, x_{i2}^{(k)}, \dots, x_{ip}^{(k)}\}, i = 1, 2, \dots, n_k$ ,其中  $n_k$  为取自  $G_i$  的样本个数,并且 2 个总体的容量分别为  $n_1$  和  $n_2$ 。以全体训练样本作为  $(n_1 + n_2)$  个新样本,逐个代入已建立的判别准则中判别其归属,这个过程称为回判。用  $n_{12}$  表示将属于总体  $G_1$  的样本误判为总体  $G_2$  的个数,  $n_{21}$  表示将属于总体  $G_2$  的样本误判为总体  $G_1$  的个数。误判率(的回代估计为:

$$\eta = \frac{n_{12} + n_{21}}{n_1 + n_2}.$$

## 2 交叉口进口道交通状态的 Fisher 预测模型

### 2.1 交通状态影响因素确定

交叉口进口道交通状态预测是一个复杂的系统工程,涉及的内容较多,考虑的因素也比较广泛。影响交叉口进口道交通状态的因素很多,如到达率、离开率、排队长度、饱和度、信号周期、延误时间、冲突数等。参考有关交叉口交通状态评价研究<sup>[6-7]</sup>,同时考虑选取的指标应该对交通状态变化反应灵敏,容易获取且准确率高等特点,最终选取到达率( $X_1$ )、排队长度( $X_2$ )、信号周期( $X_3$ )、饱和度( $X_4$ )和车道数( $X_5$ )为预测交叉口进口道交通状态的指标。

### 2.2 进口道交通状态 Fisher 预测模型建立

选取对某市 20 个交叉口调查得到的样本数据进行学习和检验,其中前 16 个交叉口作为样本数据进行学习,后 4 个交叉口数据作为待测样本进行检验。以到达率( $X_1$ )、排队长度( $X_2$ )、信号周期( $X_3$ )、饱和度( $X_4$ )和车道数( $X_5$ )作为判别因子,将交叉口进口道分为畅通和拥挤交通两种状态,并假定 2 个总体的协方差矩阵相等,得到线性判别函数为:

$$y = 0.926X_1 + 1.352X_2 - 0.334X_3 + 0.882X_4 - 0.327X_5.$$

### 2.3 模型的检验

为了考察交叉口进口道交通状态预测 Fisher 模型的有效性和准确性, 用建立的模型对 16 组训练样本逐一预测, 并与实际情况比较, 结果显示预测结果与实际情况符合状况较好, 说明建立的模型稳定可靠, 可以用来预测其他状态下交叉口进口道的交通状态。通过表 1 可以计算出回判检验误判率为 5%, 其中样本实例 6 判错, 由实际状态畅通被判为拥挤, 其被判为畅通和拥挤的概率分别为 0.488 5 和 0.511 5, 结果比较接近, 所以产生了误判。

根据训练样本学习完善的判别模型对后 4 个交叉口进口道实例进行判别, 判别结果与实际交通状态均一致 (见表 1)。

表 1 交叉口进口道交通状态预测样本数据及计算结果

Tab. 1 Sample data and calculation result of traffic state at intersection entrance

序号	判别因子					实际状态	预测状态	计算判别值
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>			
1	0.50	5	60	0.70	4	畅通	畅通	-1.600
2	0.60	6	75	0.60	4	畅通	畅通	-1.348
3	0.70	1	70	0.88	4	畅通	畅通	-0.316
4	0.80	8	85	0.85	4	拥挤	拥挤	1.987
5	0.75	7	70	0.86	4	拥挤	拥挤	1.727
6	0.80	4	80	0.75	4	畅通	拥挤	0.172
7	0.55	12	70	0.50	4	畅通	畅通	-1.836
8	0.70	10	85	0.79	4	拥挤	拥挤	1.148
9	0.67	16	100	0.85	6	拥挤	拥挤	1.951
10	0.90	2	90	0.85	6	拥挤	拥挤	0.509
11	0.50	8	90	0.75	6	畅通	畅通	-1.614
12	0.68	5	100	0.82	6	畅通	畅通	-0.659
13	0.98	18	120	0.78	6	拥挤	拥挤	3.300
14	0.73	9	120	0.73	6	畅通	畅通	-0.677
15	0.40	15	120	0.71	6	畅通	畅通	-1.609
16	0.50	27	120	0.83	6	拥挤	拥挤	2.752
17*	0.30	12	110	0.63	6	畅通	畅通	-3.465
18*	0.56	1	105	0.79	6	畅通	畅通	-2.641
19*	0.77	4	90	0.70	4	拥挤	拥挤	0.426
20*	0.95	9	95	0.85	4	拥挤	拥挤	1.791

### 3 结束语

(1) 将判别分析法的 Fisher 判别法应用到交叉口进口道交通状态预测中来, 选取 5 项指标作为预测影响因子, 建立了交叉口进口道交通状态 Fisher

预测分析模型。模型检验结果及实例计算证明, 利用上述指标建立的模型对交叉口进口道交通状态预测准确可靠, 简单实用。

(2) Fisher 判别分析用于交叉口进口道交通状态预测有一些问题还有待于进一步研究, 如选择哪些预测影响因子才更加接近实际, 样本数量选取多少合适等。

参考文献:

References:

[1] 丁柏群, 宋小艳. 平面交叉口交通拥挤技术评价指标体系探讨 [J]. 交通标准化, 2009(增刊): 10-13. DING Boqun, SONG Xiaoyan. Traffic Blocking Evaluation Index System of Grade Intersection [J]. Communications Standardization, 2009 (S1): 10-13.

[2] 华中平, 肖定华, 张立, 等. 基于相似聚类分析的交叉口交通流量预测 [J]. 湖北工业大学学报, 2006, 21 (5): 21-25. HUA zhongping, XIAO Dinghua, ZHANG Li et al. Forecast of Traffic Flow based on Analysis of Similarity and Clustering in the urban crossing [J]. Journal of Hubei University of Technology, 2006, 21 (5): 21-25.

[3] 翁小雄, 谭国贤, 姚树申, 等. 城市交叉口交通流特征与短时预测模型 [J]. 交通运输工程学报, 2006, 6 (1): 103-107. WENG Xiaoxiong, TAN Guoxian, YAO Shushen, et al. Traffic Flow Characteristics and Short-term Prediction Model of Urban Intersection [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006, 6 (1): 103-107.

[4] 张雷元, 树爱兵. 基于多属性决策的交叉口交通拥挤度评价方法 [J]. 道路交通与安全, 2009, 9 (6): 34-38. ZHANG Leiyuan, SHU Aibing. A Multi-attribute Decision-based Method for Intersection Traffic Congestion Evaluation [J]. Road Traffic & Safety, 2009, 9 (6): 34-38.

[5] 高惠璇. 应用多元统计分析 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2005. GAO Huixuan. Applied Multivariate Statistical Analysis [M]. Beijing: Beijing University Press, 2005.

[6] 孙超, 张云龙, 王波, 等. 基于 Fuzzy-logic 的城市交叉口交通状态评价研究 [J]. 交通与运输, 2010, 12 (12): 27-32. SUN Chao, ZHANG Yunlong, WANG Bo, et al. Study on Urban Intersection Traffic State Evaluation Based on Fuzzy Reasoning [J]. Traffic & Transportation, 2010, 12 (12): 27-32.

(下转第 30 页)

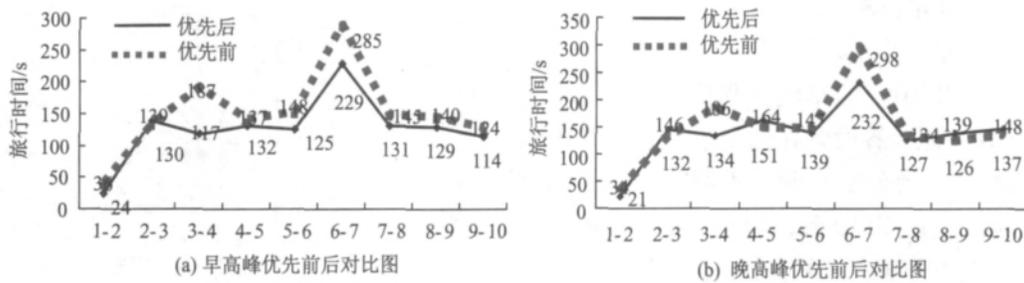


图4 应用公交信号优先技术前后公交车辆旅行时间对比分析

Fig. 4 Contrast of bus travel time pre and post applying bus signal priority

表2 应用公交信号优先技术前后公交车辆旅行时间统计

Tab. 2 Statistics of bus travel time pre and post applying bus signal priority

编号	路段名称	7:00—8:00 旅行时间/s			17:00—18:00 旅行时间/s		
		优先前	优先后	差值	优先前	优先后	差值
1-2	四道口南-老铁道口	36	24	-12	34	21	-13
2-3	老铁道口-白石桥	130	139	9	132	146	14
3-4	白石桥-气象局	187	117	-70	186	134	-52
4-5	气象局-大慧寺	137	132	-5	151	164	13
5-6	大慧寺-魏公村	148	125	-23	147	139	-8
6-7	魏公村-四通桥	285	229	-56	298	232	-66
7-8	四通桥-大华西口	145	131	-14	134	127	-7
8-9	大华西口-海东口	140	129	-11	126	139	13
9-10	海东口-新科口	124	114	-10	137	148	11
合计		1 332	1 140	-192	1345	1250	-95

未应用公交信号优先技术时节省旅行时间 14.4%；晚高峰（17:00—18:00）时，公交优先实施后的旅行时间为 1 250 s，优先前的旅行时间为 1 345 s，优先后的旅行时间共减少了 95 s，较未应用公交信号优先技术时节省旅行时间 7.1%。

#### 4 结论

(1) 硬件构成方面，由车辆检测设备，优先申请接入设备和交通信号控制器组成的公交信号优先申请子系统实现对公交优先请求的判别、优先申请信号生成以及车辆检测信息的传输等功能。

(2) 软件实现方面，公交优先信号平台分为优先监视、设备管理、数据管理和统计分析四个模块，将各个模块和层次的功能进行完整的封装，并为上

层提供足够的接口支持，保证系统结构的合理性。

(3) 实施效果方面，通过改造路口信号控制设备在道路交叉口实施公交信号优先技术后公交车辆平均旅行时间下降约为 5%~15%。

与此同时，为保障公交信号优先系统的运行，应该逐步建立全面的公交优先的路面保障系统，包括道路与路口的渠化优先、专用道的使用权保障以及交通信息发布诱导等，都要在公交信号优先系统的规划设计阶段进行系统的统筹考虑，通过系统保障使市民交通出行方式发生良性的改变，这是发展“公交优先”，解决城市交通拥堵的真正意义所在。

#### 参考文献:

#### References:

- [1] 瑟夫洛. 公交都市 [M]. 宇恒可持续交通研究中心, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.  
CERVERO R. The Transit Metropolis: a Global Inquiry [M]. Yuheng Sustainable Transportation Research Center, translated. Beijing: China Building Industry Press, 2007.
- [2] CISCO B A, KHASNABIS S. Techniques to Assess Delay and Queue Length Consequences of Bus Preemption [J]. Transportation Research Record, 1995, 1494: 167-175.
- [3] YAO D, SU Y, ZHANG Y, et al. Control Strategies for Transit Priority based on Queue Modeling and Surrogate Testing [J]. Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning and Operations, 2009, 13 (3): 142-148.

(上接第25页)

- [7] 刘燕, 吴波, 唐彩梅, 等. 基于运行效率与安全的城市平面交叉口综合评价研究 [J]. 交通科技, 2008, (4): 88-90.

LIU Yan, WU Bo, TANG Caimei, et al. Study of Comprehensive Evaluation for Intersection based on Operating Efficiency and Safety [J]. Transportation Science & Technology, 2008, (4): 88-90.