

文章编号: 1005-0523(2009)03-0026-07

# 基于投影寻踪原理的 HOV 车道综合评价方法研究

王维礼<sup>1</sup>, 苑中丹<sup>2</sup>

(1. 上海交通大学 船舶海洋与建筑工程学院, 上海 201805; 2. 同济大学 道路与交通工程学院, 上海 200092)

**摘要:** HOV 车道预期效果的综合评价作为实践运用的重要依据, 愈来愈受到关注。为了客观、科学地作出定量评价, 在建立 HOV 车道综合评价体系的基础上, 基于投影寻踪原理, 提出 HOV 车道的综合评价方法; 并选择具体路段, 针对 HOV 车道的使用效果进行预测分析, 为我国的实践应用提供参考。

**关键词:** HOV 车道; 投影寻踪; 综合评价

**中图分类号:** U491

**文献标识码:** A

当前我国城市交通问题日益突出, 作为缓解交通拥堵、改善交通环境重要途径之一的 HOV (High Occupancy Vehicle) 车道的适时应用, 已是迫在眉睫。但因其影响空间、时间范围较大, 针对 HOV 车道实施后可能带来的效果, 进行科学、客观的评价亦是必不可少的。

HOV 车道实施效果综合评价, 属于多目标、多因素决策问题, 但是需要进行客观公正的评价。而投影寻踪 (Projection Pursuit)<sup>[1-3]</sup> 原理采用的算法就是一种客观的评价方法。该方法将待评方案的各评价指标样本进行线性投影, 按照一定的原则寻求最优投影方向向量, 最优投影方向向量反映了各评价指标的重要程度, 即客观权重, 并以此建立综合评价指数, 对多方案进行评价。

## 1 HOV 车道综合评价体系的建立

对于 HOV 车道实施效果的评价, 总结国外相关评价的经验, 选择从 4 个不同的方面对 HOV 车道实施效果进行评价。这 4 个方面包括: 对运营效率的评价、对资源环境的评价、对经济财政的评价及可接受度评价。之所以选择这四方面, 主要基于以下原因: 运营效率的评价是 HOV 车道实施的基本交通状况的改善评价; 资源环境的评价是 HOV 车道对城市可持续发展的贡献评价; 而经济财政的评价是 HOV 车道是否可行的重要评价方面; 可接受度评价则是公众意愿的重要反映, 是 HOV 车道运行的公众基础评价。

### 1.1 运营效率评价指标

选择了出行用时、运行车速、道路饱和度及运载工具承载率这四个指标对 HOV 车道实施的运营效率进行评价。出行用时指标是指出行者从出发地到目的地的行程时间; 运行车速指标是指出行者从出发地到目的地的平均运行速度; 道路饱和度指标是指出行者采用不同的出行方式, 不同的出行路径, 所经道路不同的饱和度指标值; 运载工具承载率指标是指出行者使用的运载工具的承载率。

### 1.2 资源环境评价指标

对于资源环境方面的评价, 主要包括对能源消耗情况、环境污染情况以及人们出行本身承载工具的环境舒适度情况进行评价。于是, 本文选择了能源消耗率、尾气排放率、噪音污染指数和出行舒适度这四个指标。能源消耗率指标指出行者从出发地到目的地整个行驶过程中所消耗的能源总量与车辆承载人数比值, 这里主要指油耗量与车辆承载人数比值; 尾气排放率指标指出行者从出发地到目的地整个行驶过程中汽车尾气排放总量与车辆承载人数比值; 噪音污染指标这里指的是各类型车辆的噪音等级; 出行舒适度指标主要是由居民意向调查所得。

收稿日期: 2009-01-18

作者简介: 王维礼(1983-), 男, 山东枣庄人, 硕士研究生, 研究方向为城市规划与设计。

### 1.3 经济财政评价指标

对于经济财政方面的评价,除了要兼顾出行者的个人支出,还要考虑不同交通方式的投资成本及运营成本,所以本文选择个人出行成本、投资成本和运营成本这3个指标。个人出行成本指标指出行者从出发地到目的地的个人交通支出;投资成本指标指出行者从出发地到目的地所使用的道路交通投资成本,这里主要指修建道路、轨道或公共交通工具及购买交通工具的投资成本;运营成本指标指出行者选择的出行方式需要的运营成本。

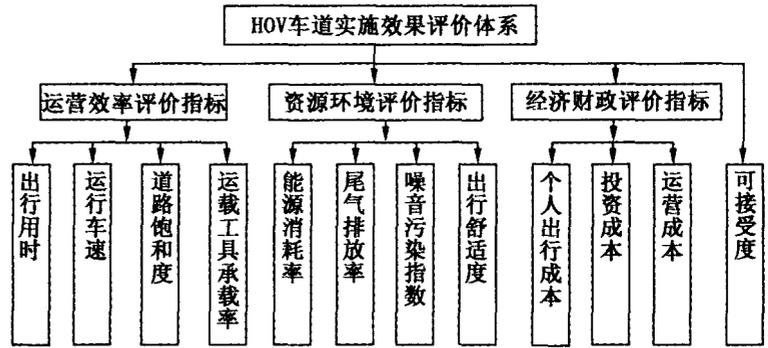


图1 HOV车道实施效果评价体系

### 1.4 可接受度指标

可接受度是指人们对不同出行方式进行选择的意愿度。具体取值根据实地问卷调查进行分析取得。综上,构建了图1的HOV车道实施效果的综合评价体系。

## 2 评价方法介绍

20世纪70年代,Friedman提出多元数据分析的投影寻踪算法。迄今为止,该算法在理论研究和实际应用中都得到了重大突破。投影寻踪算法是一种处理多因素问题的统计方法。其基本思路是将高维数据向低维空间进行投影,通过低维投影特征信息来研究高维数据的结构特征。该方法将待评方案的各评价指标样本进行线性投影,按照一定的原则寻求最优投影方向向量,最优投影方向向量反映了各评价指标的重要程度,即客观权重,并以此建立综合评价指数。对HOV车道实施效果的多方案进行评价,属于客观评价法。

### 2.1 投影寻踪算法和评价过程

设第*i*个方案的第*j*个指标为 $x_{ij}^0$ ( $i=1,2,\dots,n$ ;  $j=1,2,\dots,m$ ,  $n$ 为方案个数;  $m$ 为评价指标个数)。基于投影寻踪的枢纽技术指标评价的算法和过程如下

#### (1) 样本数据归一化

由于各指标样本 $x_{ij}^0$ 的量纲不尽相同或数值范围相差较大,在建模之前采用式(1)对样本数据进行归一化处理。

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}^0 - x_{j\min}^0}{x_{j\max}^0 - x_{j\min}^0} \quad (1)$$

式中: $x_{j\max}^0, x_{j\min}^0$ 分别为第*j*个指标样本的最大值和最小值。

设 $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ 为单位投影方向向量,将 $x_{ij}$ 按式(2)进行线性投影为一维投影特征值 $z_i$ ,即

$$z_i = \sum_{j=1}^m a_j x_{ij} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m) \quad (2)$$

确定投影特征值 $z_i$ 的关键是找到能反映高维数据结构特征的最优投影方向向量 $\mathbf{a}^*$ ,由于投影方向向量是在多维空间上的单位向量,因此,将优化投影方向问题转变为求解有约束的极值问题,即构造一个投影指标函数,作为寻求最优投影方向向量的依据。

#### (2) 构造投影指标函数

构造类间距离为

$$s(\mathbf{a}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 / (n-1)} \quad (3)$$

构造类内密度为

$$d(\mathbf{a}) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (R - r_{ik}) \times f(R - r_{ik}) \quad (4)$$

则投影指标函数为

$$Q(\mathbf{a}) = s(\mathbf{a}) \times d(\mathbf{a}) \quad (5)$$

式中:  $\bar{z}$  为  $n$  个样本  $z_i$  的均值, 即  $\bar{z} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{n}$ ;  $r_{ik}$  为投影特征值  $z_i$  与  $z_k$  两两之间的距离,  $r_{ik} = \|z_i - z_k\|$  ( $i=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, n$ );  $R$  为密度窗口半径, 它的选取既要使包含在窗口内的投影点的平均个数不能太少, 避免滑动平均偏差太大, 又不能使它随着  $n$  的增大而增加太高, 本文取  $R = n$ ;  $f(R - r_{ik})$  为单位阶跃函数, 当  $R - r_{ik} \geq 0$  时,  $f(R - r_{ik}) = 1$ , 反之为 0。

### (3) 优化投影指标函数

当指标样本数据确定时, 投影指标函数  $Q(\mathbf{a})$  只随投影方向  $\mathbf{a}$  的变化而变化。不同的投影方向反映不同的结构数据特征, 最佳投影方向  $\mathbf{a}^*$  就是最大可能暴露高维数据某类特征结构的投影方向。故可通过求解投影指标函数最大化问题来估计最优投影方向, 解出  $Q(\mathbf{a})$  的最大值, 也同时找到了最优投影方向  $\mathbf{a}^*$ 。

目标函数为

$$\max Q(\mathbf{a}) = s(\mathbf{a}) \times d(\mathbf{a}) \quad (6)$$

约束条件为

$$s. t. \sum_{j=1}^n a_j^2 = 1 \quad (7)$$

### (4) 构建枢纽指标选用综合评价指数

在第 3 步骤中, 优化得到的最优投影方向向量  $\mathbf{a}^*$  反映了各指标的不同重要程度, 且它是单位投影方向向量, 满足平方和为 1。故可将  $\mathbf{w} = (a_1^2, a_2^2, \dots, a_m^2)$  作为各评价指标的权重, 方案综合评价指数构建如式(8)。

$$I = \pm \sum_{j=1}^m a_j^2 x_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m) \quad (8)$$

式中: 正极性指标为 +; 负极性的指标为 -。正负极性定义为: 指标数据越小, 对于方案比选越有利的为正极性指标, 反之为负极性指标。计算得到的综合评价指数越小, 方案越优。

HOV 车道实施效果评价体系中共 12 个指标, 具体正负极性取值见表 1。

表 1 HOV 车道实施评价指标极性

指标	出行用时	运行车速	道路饱和度	运载工具承载率	能源消耗率	尾气排放率
极性	+	-	+	-	+	+
指标	噪音污染指数	出行舒适度	个人出行成本	投资成本	运营成本	可接受度
极性	+	-	+	+	+	-

## 2.2 投影指标函数的优化

投影指标函数最优化问题是投影寻踪评价方法能否成功的关键, 此问题比较复杂, 计算量相当大。本文采用实码加速遗传算法 RAGA (Real coding based Accelerating Genetic Algorithm)<sup>[4,5]</sup> 对投影指标函数进行优化, 并采用 Matlab 7.0 开发了相应的计算程序, 有效解决了高维数据全局寻优的难题。

基于实码加速遗传算法优化投影方向的算法过程如下

(1) 在  $m$  维空间中按种群规模随机选取  $k$  组  $0 \sim 1$  区间的随机数  $b_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) 作为优化编码, 每一组编码对应一个投影方向;

(2) 将每一组随机数  $b_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) 单位化, 得到投影方向向量  $\vec{a}$ , 即  $\vec{a} = \vec{b} / |\vec{b}|$ , 然后按照式(2)(3)

(4)(5) 计算投影指标  $Q(\mathbf{a})$ ;

(3) 按有利于投影指标增大的原则,通过选配、杂交、变异操作,取得3组共3*k*个解,从它们中间选出*k*个投影指标大的编码后,回到第2步,开始下一个优选循环;

(4) 根据高维数据结构的复杂性决定初始投影方向的个数以及寻优的循环次数,也可根据主观目的确定优化次数。

### 3 案例分析

#### 3.1 HOV车道的设置分析

##### (1) 选择路段介绍

本文选取在上海道路系统中占重要地位的客运通道——延安路隧道作为分析对象。延安路隧道是城市越江主通道之一,连接黄浦江两岸,交通功能十分重要。但近年来,延安路隧道一直处于超负荷运行中。基本道路交通情况见表2。

表2 延安路隧道基本交通道路情况

延安路 隧道区域	车道数 /条	长度/m	早高峰			晚高峰		
			自然车/车辆	PCU	饱和度	自然车/车辆	PCU	饱和度
	4	2 261	5 989	6 953	1.16	4 458	5 207	0.87

注:PCU为当量小汽车交通量

为了预测设置HOV车道后的交通状况,作者进行了实地承载率的交通调查,调查时段为早高峰7:30~8:30。表3为高峰小时路段内车辆承载人数情况。

表3 高峰小时路段内车辆分布

车辆类型	高峰小时车辆数/辆
1人汽车	2 203
2人合乘车汽车	2 412
3人及以上人数合乘车汽车	1 202
大客及公交车	64
货车	96
总计	5 977

根据表3,计算出未设置HOV车道前,车辆对出行者的基础分担率,见表4。

表4 车辆对出行者的基础分担率

车辆类型	出行者 = 高峰小时车辆数 × 车客数(人)	基础分担率/%
1人汽车	2 203	13.19
2人合乘车汽车	4 824	28.88
3人及以上人数合乘车汽车 (按3.5人计)	4 207	25.18
大客及公交车(按75人计)	4 800	28.73
货车(按7人计)	672	4.02
总计	16 706	100

##### (2) HOV车道交通量预测

根据多方式出行选择logit模型<sup>[6]</sup>和实测车辆对出行者的基础分担率,预测HOV车道设置后的交通量。多方式出行选择模型是评价运输系统和使用者的基础,其中标准多方式logit出行选择模型如下

$$P_i' = \frac{P_i \times e^{\Delta u_i}}{\sum_{i=1}^k (P_i' \times e^{\Delta u_i})} \quad (9)$$

其中:  $P_i$  为基础出行模式  $i$  的使用概率;  $P'_i$  为转化后基础出行模式  $i$  的使用概率;  $\Delta u_i$  为出行模式  $i$  的使用变化。

$$\Delta u_i = b_i \times \Delta IVTT_i + c_i \times \Delta OVTT_i + d_i \times \Delta COST_i \quad (10)$$

其中:  $\Delta IVTT_i, \Delta OVTT_i, \Delta COST_i$  为出行模式  $i$  的不同服务等级变化;  $b_i, c_i$  为  $\Delta IVTT_i, \Delta OVTT_i$  的影响因素;  $b_i$  取  $-0.025$ ,  $c_i$  取  $-0.050$ 。

$$d_i = \frac{1248_i \times b_i}{\text{Income} \times \text{TVP}} \quad (11)$$

其中:  $\text{Income}$  为地区平均家庭收入;  $\text{TVP}$  为时间价值率;  $1248$  为收入转换因子。

计算无 HOV 车道与设置 HOV 车道的车辆运行时间。延安路隧道设计车速为  $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。设 HOV 车道为自由流车速即设计车速  $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。那么, 设置 HOV 车道时, 运行时间应为  $3.39 \text{ min}$ 。根据《道路通行能力手册》<sup>[7]</sup>, 利用运行时间计算公式:

$$T_c = T_f \times [1 + 0.83 \times (v/c)^{5.5}] \quad (12)$$

其中:  $T_c$  为道路计算运行时间;  $T_f$  为道路自由流运行时间。

计算不设 HOV 车道时, 车辆运行时间为  $9.76 \text{ min}$ 。重新分配出行分担率。基于同一地区, 且出行全在车内完成, 可省略  $\Delta IVTT_i, \Delta OVTT_i$ , 而  $\Delta COST_i = 3.39 - 9.76 = -6.37$ 。根据公式(9)(10)(11)重新分配出行分担率, 得出的新分担率见表 5。

表 5 设置 HOV 车道后出行者调整分担率

车辆类型	调整后基础分担率/%	调整后分出行人数/人	调整后车辆数/辆
1人汽车	11.99	2 003	2 003
2人合乘车汽车	26.25	4 386	2 193
3人及以上合乘车汽车 (按 3.5 人计)	26.84	4 484	1 281
大客及公交车	30.63	5 117	64
货车(按 7 人计)	4.29	716	102
总计	100	16 706	5 643

从表 5 看出, 在出行人数不变的情况下, 设置 HOV 车道前的高峰小时车辆数为 5 977 辆, 而设置 HOV 车道后的车辆数减为 5 643 辆, 减少了 334 辆。经计算, 路段饱和度由原来的 1.16 减少为 0.95。

### 3.2 方案预测评价

基于 3.1 节交通调查及预测数据, 在作者进行交通调查的时间内(早高峰时间)提出 3 个备选方案, 以进行 HOV 车道设置前后的综合预测评价。本文假定 3 人及以上合乘车、大客及公交车、货车允许使用 HOV 车道。

方案 1: 在延安路隧道未设置 HOV 车道前, 某出行者选择小汽车自驾方式(1 人及 2 人汽车出行方式), 在现状道路交通情况下(即表 2、表 3 所示数据), 经此路段。

方案 2: 本文拟把延安路隧道双向各 1 条现有车道转化为 HOV 车道, 另外车道为普通车道。在设置了 HOV 车道后, 假设某出行者选择合乘小汽车(3 人及以上合乘车允许使用 HOV 车道)出行并使用 HOV 车道, 在表 5 中所示数据中预测的道路交通情况下, 经此路段。

方案 3: 同方案 2 的 HOV 车道设置方式。在延安路隧道设置 HOV 车道后, 假设某出行者选择公交方式, 且公交车使用 HOV 车道经此路段。

运用 HOV 车道综合评价方法和编写的 Matlab 的程序<sup>[3]</sup>, 对 3 个假设方案进行评价。按评价体系的选用指标将 3 个方案进行量化比较, 见表 6。

表6 各方案主要指标比较

项目	主要指标	方案1	方案2	方案3
运营效率评价指标	出行用时/min	9.76	3.39	3.39
	运行车速(km·h <sup>-1</sup> )	13.90	40	40
	道路饱和度	1.16	0.95	0.95
	运载工具承载人数/人	1.52	3.76	79.95
资源环境评价指标	能源消耗率/(ml/人)	89.25	36.08	8.48
	尾气排放率/(m <sup>3</sup> /人)	1 040.21	146.06	22.90
	噪音级/dB	82	82	86
经济财政评价指标	出行舒适度	41	41	16
	个人出行成本/元	0.54	0.22	1
	投资成本/(万元/人)	62.36	27.47	1.92
	运营成本/(元/月×人)	164.47	73.14	78.49
	可接受度指标/%	9	14	30

## (1) 运载工具承载率

方案1 =  $(2\ 203 + 4\ 824) / (2\ 203 + 2\ 412) = 1.52$  人/辆

方案2 =  $(1\ 281 \times 3.5 + 102 \times 7) / (1\ 281 + 102) = 3.76$  人/辆

方案3 =  $5\ 117 / 64 = 79.95$  人/辆

## (2) 能源消耗率

按小客车百公里6L的耗油量计算,而目前上海市中心区的公共汽车百公里的耗油量都在30L左右,这里按30L计算。那么

方案1 =  $2.261 \times 6 / 100 / 1.52 \times 1\ 000 = 89.25$  ml/人

方案2 =  $2.261 \times 6 / 100 / 3.76 \times 1\ 000 = 36.08$  ml/人

方案3 =  $2.261 \times 30 / 100 / 79.95 \times 1\ 000 = 8.48$  ml/人

## (3) 尾气排放率

尾气排放量 = 排气量 × 转速 × 时间,小汽车排气量取1.8L,公共汽车排气量取6L,转速取1500转/秒

方案1 =  $1.8 \times 1\ 500 \times 60 \times 9.76 / 1.52 = 1\ 040.21$  m<sup>3</sup>/人

方案2 =  $1.8 \times 1500 \times 60 \times 3.39 / 3.76 = 146.068$  m<sup>3</sup>/人

方案3 =  $6 \times 1500 \times 60 \times 3.39 / 79.95 = 22.90$  m<sup>3</sup>/人

## (4) 噪音污染

根据中国机动车辆噪声标准<sup>[8]</sup>,可得

方案1 = 82 dB,方案2 = 82 dB,方案3 = 86 dB。

(5) 出行舒适度与可接受度 由交通问卷调查数据所得。

## (6) 个人出行成本

个人出行成本 = 耗油量 × 油单价 / 运载工具承载人数(公交除外,按票价计算),按每1L油单价为6元计算,则

方案1 =  $2.261 \times 6 / 100 / 1\ 000 \times 6 / 1.52 = 0.54$  元/人

方案2 =  $2.261 \times 6 / 100 / 1\ 000 \times 6 / 3.76 = 0.22$  元/人

方案3 = 1元/人

## (7) 投资成本

方案1 = (小汽车投资 + 1条普通车道投资) / 承载人数

=  $(10\ 万元 + 100\ 元/平方米 \times 2\ 261\ 米 \times 3.75\ 米 / 10\ 000) / 1.52 = 62.36$  万元/人

方案2 = (小汽车投资 + 1条HOV车道投资) / 承载人数

$$= (10 \text{ 万元} + 100 \text{ 元/平方米} \times 2 \text{ 261 米} \times 3.75 \text{ 米}/10 \text{ 000} \times 1.1)/3.76 = 27.47 \text{ 万元/人}$$

方案3 = (公交车投资 + 1条HOV车道投资)/承载人数

$$= (60 \text{ 万元} + 100 \text{ 元/平方米} \times 2 \text{ 261 米} \times 3.75 \text{ 米}/10 \text{ 000} \times 1.1)/79.95 = 1.92 \text{ 万元/人}$$

(8) 运营成本

方案1 = 普通车道道路养护费/承载人数 = 250/1.52 = 164.47元/月 × 人

方案2 = HOV车道道路养护费/承载人数 = 250 × 1.1/3.76 = 73.14元/月 × 人

方案3 = (HOV车道道路养护费 + 服务人员工资)/承载人数

$$= (275 + 1 \text{ 500} \times 4)/79.95 = 78.49 \text{ 元/月} \times \text{人}$$

用Matlab程序,运算500次优化得到最优投影方向向量

$a^* = (-0.314 \ 3, 0.311 \ 7, -0.314 \ 3, 0.283 \ 8, -0.306 \ 6, -0.308 \ 5, 0.283 \ 1, -0.273 \ 7, 0.154 \ 7, -0.305 \ 6, -0.281 \ 8, 0.289 \ 4)$ ,各评价指标权重及评价计算见表7。

表7 按投影寻踪法评价方案的计算表格

主要指标	权 $\omega$	极性	归一化样本数据 $x_{ij}$		
			方案1	方案2	方案3
出行用时/min	0.035 5	1	1	0	0
运行车速/km/h	0.039 0	-1	0	1	1
道路饱和度	0.035 4	1	1	0	0
运载工具承载人数/人/辆	0.118 5	-1	0	0.028 6	1
能源消耗率/ml/人	0.121 2	1	1	0.341 7	0
尾气排放率/ $m^3$ /人	0.035 4	1	1	0.121 1	0
噪音级/dB	0.120 7	1	0	0	1
出行舒适度	0.100 7	-1	1	1	0
个人出行成本/元	0.070 7	1	0.695 7	0	1
投资成本/万元/人	0.107 8	1	1	0.422 7	0
运营成本/元/月 × 人	0.120 2	1	1	0	0.062 2
可接受度指标	0.094 8	-1	0	0.238 1	1.000 0
$I = \pm \sum x_{ij}$			0.501 3	-0.111 2	-0.152 4
综合比选结果					推荐方案

从表7我们看到最终评价体系给出的方案评分为方案1 0.501 3,方案2 -0.111 2,方案3 -0.152 4,从优到劣的排列顺序为:公交使用HOV车道→自驾使用HOV车道→自驾非HOV车道。这一排列顺序与可预期的实施效果相符合。

#### 4 小结

当前我国还没有HOV车道,但是通过对可行方案的综合评价,得到了期望的结果,这为HOV车道的实践运用提供了依据。通过实例分析与验证,基于投影寻踪原理的HOV车道评价方法是可行和有效的。但是,该方法中的一些细节尚须进一步的完善。

#### 参考文献:

- [1] 李祚泳. 投影寻踪理论及其应用进展[J]. 自然杂志, 1998, 17 (63): 47 - 49.
- [2] 周惠成, 董四辉. 基于投影寻踪的水质评价模型[J]. 水文, 2005, 25 (4): 14 - 17.
- [3] 林雨, 张方方, 方守恩. 基于投影寻踪的互通立交方案综合评价方法[J]. 公路交通科技, 2008, 25(5): 136 - 138.
- [4] 金菊良, 杨晓华, 丁晶. 基于实数编码的加速遗传算法[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2000, 32 (4): 20 - 24.
- [5] 周明, 孙树栋. 遗传算法原理及其应用[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2002.
- [6] Martin Winiam A. Travel Estimation Techniques for Urban Planning[M]. Transportation Research Board, 1998.
- [7] Transportation Research Board. Highway Capacity Manual 2000[M]. Washington D C: National Research Council, 2000.
- [8] GB1496 - 79 中国机动车辆噪声标准[S]. 北京: 国家标准总局发布, 1979.

(下转第87页)

## $L_{\delta,1}$ - Fuzzifying Proximity Structure and Filter

JIANG Zhi-yong

(School of Basic Sciences, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** This article defines the fuzzifying  $\delta$ -proximity structure and fuzzifying filter based on the continuous value logic with the semantic method, and gives the concept of the  $\delta$ -fuzzifying neighborhood system by the fuzzifying  $\delta$ -proximity structure. It proves the  $\delta$ -fuzzifying neighborhood system is the fuzzifying filter, obtains the fuzzifying  $\delta$ -proximity structure separability and  $T_1$ 、 $T_0$ - separability equivalence of the  $\delta$ -fuzzifying neighborhood system.

**Key words:** fuzzifying  $\delta$ -proximity structure; fuzzifying filter;  $\delta$ -fuzzifying neighborhood system

(责任编辑:吴泽九)

(上接第 32 页)

## A Research on Comprehensive Evaluation for HOV Lane Based on Projection Pursuit

WANG Wei-li<sup>1</sup>, YUAN Zhong-dan<sup>2</sup>

(1. School of Naval Architecture, Ocean & Civil Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 201805; 2. School of Road and Traffic Engineering College, Tongji University, Shanghai 200092)

**Abstract:** As an important basis for practical application, the comprehensive evaluation for the results of HOV lanes is attracting more and more attention. To make objective, scientific and quantitative evaluation, based on the comprehensive evaluation system for HOV lanes and the principles of projection pursuit, the paper presents a new method, HOV lanes comprehensive evaluation. The paper forecasts and analyzes the result of HOV lanes to provide reference for the application of HOV Lanes in China.

**Key words:** HOV Lanes; projection pursuit; comprehensive evaluation

(责任编辑:刘棉玲)