

文章编号:1671-8879(2007)03-0067-04

## 公路隧道内最佳行驶速度模糊算法

赵忠杰<sup>1</sup>, 田 梅<sup>1</sup>, 董敏娥<sup>2</sup>

(1. 长安大学 信息工程学院, 陕西 西安 710064; 2. 陕西交通职业技术学院 信息工程系, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**为寻求计算公路隧道内车辆行驶最佳速度的有效方法,将车速、流量、车流密度、能见度、CO 浓度、风速、路面状态、时段、工作日、节假日 10 个影响指标归结为交通状况、环境状况和交通需求 3 类因素,给出了具有 2 层模糊决策结构的最佳速度模糊逻辑算法,并进行了算法设计和仿真。仿真结果表明:该方法能针对隧道交通流的实际情况,充分利用与速度密切相关的信息来确定最佳速度,克服了传统算法依赖历史数据或建模困难的缺陷;得到的最佳速度实时性好,准确性高,可为隧道内行驶速度控制提供可靠的依据。

**关键词:**交通工程;公路隧道;最佳速度;模糊算法;仿真

**中图分类号:**U491; U459.2 **文献标志码:**A

### Fuzzy algorithm of vehicle's optimum speed in highway tunnel

ZHAO Zhong-jie<sup>1</sup>, TIAN Mei<sup>1</sup>, DONG Min-e<sup>2</sup>

(1. School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Department of Information Engineering, Shaanxi College of Communication Technology, Xi'an 710021, Shaanxi, China)

**Abstract:** To seek an effective method for computing the vehicle's optimum speed in tunnel, an optimum speed fuzzy algorithm with two layers fuzzy decision-making structure was present, its algorithm design and simulation were carried out. In this algorithm, the vehicle's speed, flow volume, density, visibility, CO consistence, ventilation quantity, road surface condition, period of time, work days and holidays were divided into traffic condition factors, circumstance condition factors, traffic requirement factors to form a two-layers fuzzy decision-making structure. The simulation results show that this algorithm can avoid the difficulty of establishing the model of traffic flow and relying on the past datum comparing to the traditional algorithm, it roots in actual traffic flow conditions and takes full advantage of the information closely related to speed, the optimum speed is good in real-time and accuracy, it can provide credibility gist for tunnel speed control. 2 tabs, 5 figs, 8 refs.

**Key words:** traffic engineering; highway tunnel; optimum speed; fuzzy algorithm; simulation

## 0 引 言

隧道作为高速公路的特殊路段,对行车速度的

控制十分重要,选择适当的速度,即最佳行车速度作为速度控制的目标值,可以提高隧道的通行能力,营造安全、舒适、畅通的运营环境<sup>[1]</sup>。车辆最佳行驶速

收稿日期:2006-04-10

基金项目:国家西部交通建设科技项目(200431881222)

作者简介:赵忠杰(1959-),男,陕西富平人,副教授,E-mail:zjzhao@chd.edu.cn。

度是随着交通状况、环境状况和交通需求的变化而变化的<sup>[2]</sup>。影响最佳速度值的因素是多方面的,其计算方法也有所不同,传统的计算方法有两种:一是经验统计法;二是数学模型法。前者是依据历史统计数据确定最佳速度目标值的,所以实时性较差;后者是靠建立数学模型来计算的,其模型的建立和各项参数的确定也比较困难。

为此,本文给出的最佳速度模糊算法,是针对隧道实际情况,充分利用隧道内实时检测到的交通状况(交通流量、车速、密度)、环境状况(能见度、CO浓度、风速、路面状况)及交通需求(时段、工作日、节假日)等与速度密切相关的信息,按照模糊规则进行模糊推理,再经过推理清晰化来确定最佳速度目标值,由此得到的最佳速度实时性好,准确性高,可为控制隧道内车辆行驶速度提供可靠的依据<sup>[3-5]</sup>。

1 算法设计

1.1 输入、输出的确定

选择车速、流量、车流密度、能见度、CO浓度、风速、路面状态、1 d中各时刻(时段)对交通需求的影响、各工作日(星期几)对交通需求的影响、节假日对交通需求的影响共 10 个变量作为第一层模糊控制器的输入变量。将第一层模糊控制器的 3 个输出变量归结为交通状况、环境状况、交通需求,作为第二层模糊控制器的输入变量,第二层模糊控制器的输出就是最佳速度,其模糊决策结构如图 1 所示。

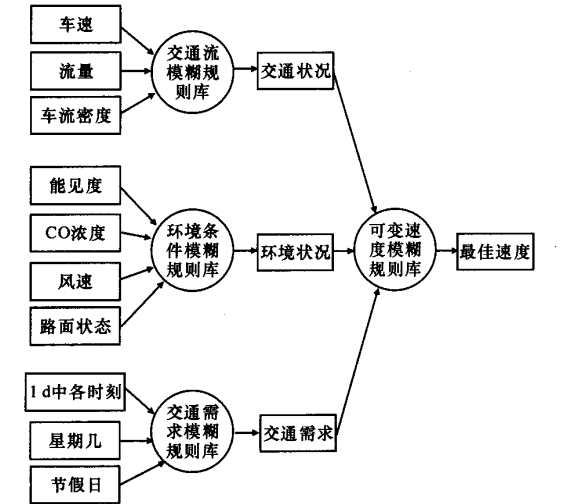


图 1 两层模糊决策结构

1.2 隶属度函数的确定

由于所设计的模糊控制器为二层模糊控制器,而一、二层的模糊规则的建立、模糊推理过程相同,所以主要对第二层的模糊决策过程进行讨论。

在确定模糊变量隶属度函数时,考虑到梯形函数计算简单、方便,并能覆盖整个变量的区域,所以选用梯形函数作为模糊变量的隶属度函数。

(1)交通状况、环境状况和交通需求。取论域为 $\{-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5,6\}$ 。该变量的模糊语言变量选取为 $\{\text{负大(NB)}, \text{负小(NS)}, 0(Z), \text{正小(PS)}, \text{正大(PB)}\}$ 。分别表示当前交通状况、环境状况和交通需求状况为:“很差”、“较差”、“一般”、“较好”、“很好”。其隶属度函数见图 2。

(2)最佳速度。论域为 $\{5,10,15,\cdots,115,120\}$ 。该变量的模糊语言变量选取为 $\{\text{负大(NB)}, \text{负小(NS)}, 0(Z), \text{正小(PS)}, \text{正大(PB)}\}$ 。分别表示当前速度为:“很低”、“较低”、“一般”、“较高”、“很高”。其隶属度函数如图 3 所示。

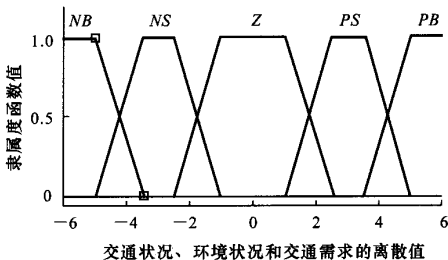


图 2 交通状况、环境状况和交通需求的隶属度函数

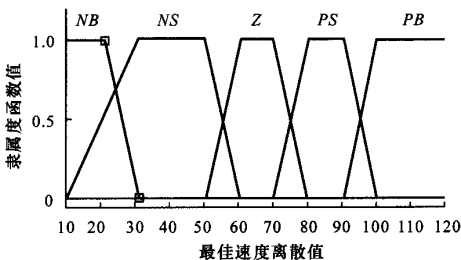


图 3 最佳速度的隶属度函数

1.3 模糊规则

模糊规则的确定是结合专家知识和驾驶人的实际经验得到的,最佳速度的确定规则共有 125 条,规则库如表 1 所示。

表 1 最佳速度模糊规则库

交通状况	环境状况	交通需求	最佳速度
	NB		NB
NB			NB
NS	NS		NB
NS	Z		NS
NS	PS		NS
NS	PB		NS
Z	NS	NB	NS
Z	NS	NS	NS
Z	NS	Z	NS
...	...	...	...

1.4 模糊推理

每条模糊条件语句表示的输入、输出的模糊关系  $R_k$ ,用 Mamdani 推理法得出

$$R_k = A_{TSm}^i \times A_{CSn}^i \times A_{TRl}^i \times B_{Vo}^i$$

式中: $k = 1, \cdots, 125; l = 1, \cdots, 125; m = 1, \cdots, 125; n = 1, \cdots, 125; o = 1, \cdots, 125$ ; TS 为交通状况;CS 为环境状况;TR 为交通需求;V 为最佳速度; $\times$ 为模糊算法乘号。

$$\begin{aligned} R_1 &= NB_{TS1} \times NB_{CS1} \times NB_{TR1} \times NB_{V1} \\ R_2 &= NB_{TS2} \times NB_{CS2} \times NB_{TR2} \times NB_{V2} \\ R_3 &= NB_{TS3} \times NB_{CS3} \times NB_{TR3} \times NB_{V3} \\ R_4 &= NB_{TS4} \times NB_{CS4} \times NB_{TR4} \times NB_{V4} \\ R_5 &= NB_{TS5} \times NB_{CS5} \times NB_{TR5} \times NB_{V5} \\ &\dots\dots \end{aligned}$$

模糊关系矩阵  $R = \bigcup_{i=1}^{49} R_i$ ,  $R$  是一个  $(13 \times 13) \times 13$  的矩阵。

1.5 推理结果清晰化

通过图 1 所示的两层模糊逻辑推理之后,获得了最终的模糊变量结果 ~ 最佳速度。但该结果必须通过模糊判决,转变成一个精确的数值,取整之后用作速度控制目标值。采用重心法反模糊化,其最终判决值为

$$V_m = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \mu_v(V_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_v(V_i)}$$

$$m = 1, 2, \cdots, 2\ 197; n = 1, 2, \cdots, 13$$

式中: $V_m$  为最佳速度精确值; $V_i$  为第  $i$  个速度关系函数; $\mu_v(V_i)$  为第  $i$  个速度关系函数  $V_i$  的隶属度。

2 算法仿真

根据上面定义的输入、输出隶属度函数和规则库,可得到交通状况、环境状况与最佳速度的映射曲面如图 4 所示;交通需求、交通状况与最佳速度的映射曲面如图 5 所示;交通需求、环境状况与最佳速度的映射曲面与图 5 大致相同,只将交通状况离散值换成环境状况离散值即可<sup>[6-8]</sup>。

设定时间点 24 个,时间间隔为 15 min,路段长度为 1 km,路段上的交通状况、环境状况、交通需求和仿真输出最佳速度如表 2 所示。

3 结 语

(1)隧道内车辆的行驶速度是影响通行能力和引发交通事故的重要原因,因此,确定适当的行车速

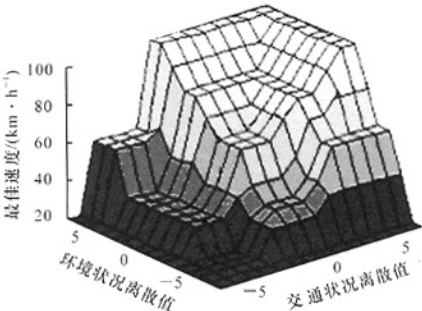


图 4 交通状况、环境状况与最佳速度的映射曲面

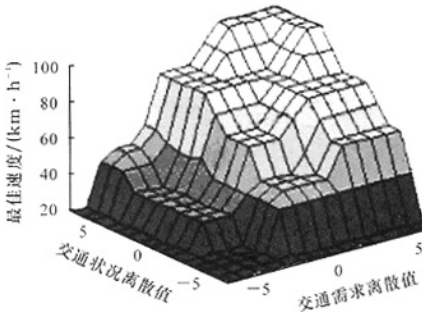


图 5 交通需求、交通状况与最佳速度的映射曲面

表 2 仿真结果

检测时刻	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
交通状况(离散值)	-3	-3	-2	-2	-1	-1
环境状况(离散值)	-5	-4	-4	-3	-3	-2
交通需求(离散值)	-2	-1	-1	0	2	1
输出最佳速度/(km·h <sup>-1</sup> )	65.125 0	67.134 8	68.218 6	69.198 2	73.125 5	73.214 5
检测时刻	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
交通状况(离散值)	0	0	0	1	1	1
环境状况(离散值)	-2	-2	-1	-1	0	0
交通需求(离散值)	1	2	0	-2	1	3
输出最佳速度/(km·h <sup>-1</sup> )	74.268 9	74.561 8	74.982 1	74.459 6	76.568 2	76.895 3
检测时刻	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
交通状况(离散值)	2	2	2	2	3	3
环境状况(离散值)	1	1	2	2	3	4
交通需求(离散值)	-2	3	-3	-4	4	4
输出最佳速度/(km·h <sup>-1</sup> )	76.263 8	78.029 6	74.253 6	73.569 3	78.514 5	79.250 1
检测时刻	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
交通状况(离散值)	3	3	4	4	4	4
环境状况(离散值)	-3	-3	-2	-2	1	0
交通需求(离散值)	2	1	0	-4	4	1
输出最佳速度/(km·h <sup>-1</sup> )	74.693 5	74.259 6	74.596 3	72.132 6	76.124 8	77.685 7

度,即最佳速度有着重要意义。  
(2)模糊算法克服了传统算法的缺陷,结合公路隧道实际情况,充分利用与速度密切相关的交通状况、环境状况和交通需求信息来确定最佳速度,为最佳速度的确定提供了更为科学的方法。  
(3)为隧道可变速度控制提供了可靠的依据,能

够改善隧道运营环境,提高隧道运营效率。

#### 参考文献:

#### References:

- [1] 翟润平,周彤梅,安荷萍. 高速公路限速控制研究[J]. 公安大学学报:自然科学版,2001,(6):34-38.  
DI Run-ping, ZHOU Tong-mei, AN He-ping. Study on speed restricting and controlling of freeway [J]. Journal of Chinese People's Public Security University: Natural Science Edition, 2001, (6):34-38.
- [2] 梁新荣,刘智勇,吴今培,等. 公路可变限速标志模糊逻辑控制及其仿真研究[J]. 计算机应用研究,2004,(10):136-138.  
LIANG Xin-rong, LIU Zhi-yong, WU Jin-pei, et al. Study on fuzzy logic control and its simulation of changeable highway speed restrictive [J]. Journal of Study on Computer Applications, 2004, (10): 136-138.
- [3] 李宝家,黄小原. 高速公路交通的变限速模糊控制[J]. 控制工程,2002,9(3):45-47.  
LI Bao-jia, HUANG Xiao-yuan. Fuzzy control of changeable freeway speed restrictive [J]. Journal of Control Engineering of China, 2002,9(3):45-47.
- [4] 董敏娥. 公路隧道事件检测及最佳速度算法研究[D]. 西安:长安大学,2006.
- [5] 袁泉,李兵,裴剑平. 交通事故车速估算的不确定因子方法[J]. 交通运输工程学报,2001,1(4):71-74.  
YUAN Quan, LI Bing, PEI Jian-ping. Speed estimate method of uncertainty factor in traffic accident [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2001,1(4):71-74.
- [6] 张生瑞,马壮林. 高速公路隧道交通环境评价指标体系[J]. 长安大学学报:自然科学版,2006,26(2):77-80.  
ZHANG Sheng-rui, MA Zhuang-lin. Evaluation indices for traffic environment of expressway Tunnel [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2006,26(2):77-80.
- [7] 刘勇,严宝杰,陈红. 基于热力学熵的交通流模型[J]. 长安大学学报:自然科学版,2005,25(4):62-65.  
LIU Yong, YAN Bao-jie, CHEN Hong. Model of traffic flow based on thermodynamics entropy [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005,25(4):62-65.
- [8] 陈斌,金炜东,高利. 特殊过程下的车辆跟驰模型数值模拟分析[J]. 中国公路学报,2005,18(1):90-94.  
CHEN Bin, JIN Wei-dong, GAO Li. Numerical simulation and analysis of car-following models on particular progress [J]. China Journal of Highway and Transport, 2005,18(1):90-94.

## 高科技筑路土壤固化剂研制成功

日前,由河南洛阳路世丰土壤固化剂研发中心研制成功了一种高科技土壤固化剂,经过交通部公路工程质量检测中心检测,这种新型固化剂可广泛用于公路的基层及底基层,简单且易于操作,可大幅降低施工成本,改善生态环境。

传统筑路工程在夯实路基层时,需要大量的碎石、石灰土、水泥,不仅有一定程度的污染环境,而且在开山碎石、运输中还会造成生态环境的破坏。这种新型的土壤固化剂可就地取材,通过对不同土壤的调整固化剂配比,点土成石,即可达到碎石稳定土层效果。经过监测,这种固化剂符合环保要求,也没有特殊的安全操作程序。

这种新型固化剂经山东路桥集团、北京城建集团、湖南湘潭路桥公司、中铁十五局等单位分别在河南尉许高速、郑石高速、郑开快速大道、洛阳城市道路上使用,施工质量达到交通部颁布的底基层、基层稳定的弯沉值和强度要求,经7~28 d 检验,完全超过原设计水泥、粉煤灰、碎石层的设计标准,且水稳性良好,稳定层为板块式,表面光滑无裂缝,使用寿命大大延长。

这种固化剂与传统筑路方法相比,造价可降低10%~30%,尤其在旧路改造时,无需将旧料运走,可就地粉碎后掺和固化剂重新使用,能节约工程造价近50%。此外,这种固化剂还有着施工简便、有利环保、保护生态等优点。

这项技术在城镇道路和广大农村低等级或非等级公路建设上有广泛的用途,在农村的沼气池修建中也得到广泛使用,较好地降低了造价,解决了沼气池泄露等问题。