

文章编号:1001-7372(2003)03-0090-03

## 基于模拟器的道路安全评价方法

丁立<sup>1</sup>,熊坚<sup>1</sup>,何玉川<sup>2</sup>

(1. 昆明理工大学 交通学院,云南 昆明 650000; 2. 大理交警支队,云南 大理 671000)

**摘要:**针对在建成道路之前很难对设计道路的安全性进行有效的评价,提出了基于驾驶模拟器对设计道路进行安全评价的主客观评价模型,并对专家意见法、熟练驾驶员评价法和新手评价法三种主观评价方法,视距评价法、眼动评价法、汽车的稳定性评价法和道路线形宜人人性评价法四种客观评价方法进行了探讨,分析了两种类型评价方法的优缺点。

**关键词:**交通工程;道路安全;驾驶模拟器;主观;客观;评价

**中图分类号:**U491.115 **文献标识码:**A

### Evaluation methods of road safety based on simulator

DING Li<sup>1</sup>, XIONG Jian<sup>1</sup>, HE Yu-chuan<sup>2</sup>

(1. School of Transportation, Kunming University of Technology, Kunming 650000, China;

2. Dali Traffic Police Office, Dali 671000, China)

**Abstract:** Subjective and objective evaluating methods were put forward to evaluate safety of design road basing on driver simulator, since it is difficult to evaluate safety of design road in an effective way before building road. Three subjective evaluating methods, which include expertise method, experienced driver method and new driver method; four objective evaluating methods, which include stadia distance, eye move, automobile stability, course amenity were discussed and their advantage and disadvantage were analyzed.

**Key words:** traffic engineering; road safety; driver simulator; subjectivity; objectivity; evaluation

## 0 引言

道路建设对国家和地方的经济都有着极其重要的意义,为了发展经济,仅中国近几年每年就有两千多亿元用于道路建设。作为大型的建设项目,道路在建设时不仅要考虑到道路建设的经济性和对周边环境的影响,更为重要的是要考虑到道路的安全性。显然不安全的道路易造成大量的交通事故,会长期地给国家、地方和个人带来极大的经济损失。如能在道路施工前及早发现设计方案考虑不妥的地方,将会尽可能地降低未来交通安全的隐患,避免不必要的损失<sup>[1]</sup>。

目前中国的道路设计通常是按照国家规范,再结合选线员的经验设计的,对设计道路的安全性,无法在有一定感性认识后再进行评价,只能是凭经验、规范和整理过去数据来评价。而应用模拟技术,在驾驶模拟器上建立设计道路视景,就可让驾驶员驾驶不同汽车在设计道路上进行模拟驾驶,对道路安全预先进行评价。

由于目前的道路安全评价方法大多是基于交通事故建立起来的,与采用模拟器进行评价不同。如一个事故统计结果是:在没有坡度、半径为400~1000m的高速公路上,亿车每公里事故为73次。可以看出以事故率作为评价标准需要在模拟器上操作很

收稿日期:2002-09-18

基金项目:云南省自然科学基金青年基金项目(2002E0010Q)

作者简介:丁立(1971-),男,云南楚雄人,昆明理工大学副教授,工学博士。

长时间,不利于有效评价道路安全。因此须考虑到驾驶模拟器的特点建立安全评价方法。为此笔者从“人”和“车”的角度出发,对设计道路的安全性的主客观评价方法进行了探讨,以期能得到较好的评价方法。

### 1 主观评价方法

主观评价方法按驾驶员的类型可分为三种:专家意见评价法、熟练驾驶员评价法和新手评价法。这三种方法都是通过“人”在驾驶模拟器上对设计道路有一定主观感受后,再进行主观评价。

#### 1.1 专家意见评价法

专家主要是指路桥设计和交通工程方面的专家,这些专家通常在道路建设和交通管理方面有丰富的知识和经验,有较高的权威性。通过他们在模拟器上驾驶模拟器,根据他们的感受填写问卷调查表。目前最常用的专家意见评价法是德尔菲法(DELPHI)<sup>[2]</sup>。此方法是对专家群进行匿名调查,即让专家互不见面,直接与调查主持人联系,做到充分地自由地对设计道路发表意见。然后对专家意见进行统计、归纳和综合处理,再进行多次信息反馈,使成员意见逐步集中,从而作出比较正确的判断。其模型的基本形式为

$$v_j = \frac{1}{m_j} \sum_{i=1}^{m_j} x_{ij} \quad (i=1,2,3,\dots,n; j=1,2,3,\dots,m) \quad (1)$$

式中: $v_j$ 为道路  $j$  方面平均得分值; $m_j$ 为对道路  $j$  方面作评价的专家数; $x_{ij}$ 为第  $i$  个专家对道路  $j$  方面的评分值。

平均得分值  $v_j$  越大,说明道路  $j$  方面设计的安全性越好。

此方法反复周期较长,需要多位专家(一般以20~25人为宜)感兴趣,且有时间参加德尔菲法全过程。但通过多位专家得出的结论准确度较高。

#### 1.2 熟练驾驶员评价法

熟练驾驶员虽然不了解道路的设计,但他们通常有多年开车的经验,对路、车、交通标志和路边环境有很好的感觉,能通过经验和直观感官发现问题。通过他们驾驶模拟器,感受设计道路的宜人性和安全性,可以有效指出设计不如意的地方。对此类人群通常可采用多层次灰色综合评价法<sup>[3,4]</sup>,以三层为例(图1),介绍一下其基本思路:

(1)确定要评价的道路、安全评价指标和评价标准值

第一层为设计道路安全水平综合评价( $I$ );第二

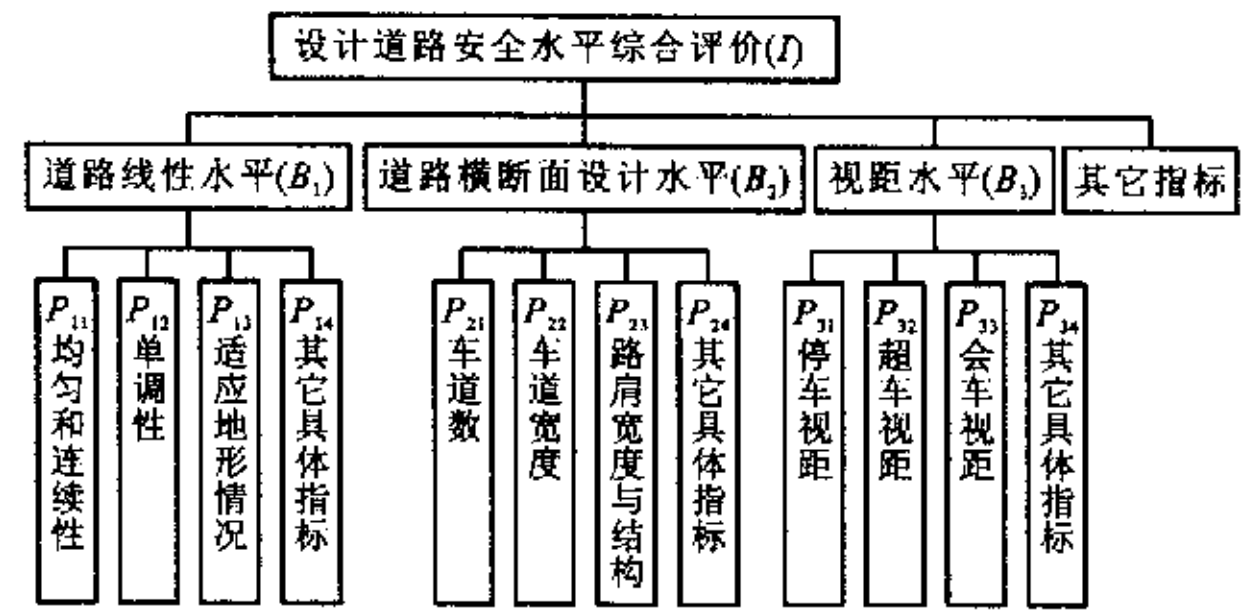


图1 设计道路安全评价指标

层为安全评价指标,如道路线性水平( $B_1$ )、道路横断面设计水平( $B_2$ )和视距水平( $B_3$ )等;第三层为具体评估指标。在评价指标的设计中通常应咨询专家,将第二层和第三层指标进行合理而有效的制定,这样才能在实际评价时较好地操作。

#### (2) 道路交通安全灰色评价聚类验算

对图1第三层指标进行量化和建立权重,通过计算评价矩阵得出结果。另外,各指标的权重需要专家根据经验来制定,权重的制定在一定程度上决定着评价的准确性。

#### (3) 评价结果分析

此方法在交通安全评价中应用非常广泛,算法里各指标含义非常明确、清晰,应用效果也好。

#### 1.3 新手评价法

由于新手刚学会开车,还不熟练,他们开车的特点是:①动作变化不能太快;②对路和车没有太多的直观感觉;③易紧张。这种类型的人驾驶模拟器后,可通过两种方式相互参照进行评价:道路的主观感受和错误动作的统计分析。主观感受可采用乐观法、悲观法和等可能性法等评价<sup>[2]</sup>,因为都是新驾驶员,应“一视同仁”,故采用等可能性法评价较好。错误动作可通过模拟器记录下来,采用目前较为流行的模糊综合评价<sup>[2]</sup>。

##### 1.3.1 等可能性评价法

等可能性评价法基本数学表达式为

$$\max_A \left\{ \frac{1}{n} \sum C(A, \theta) \right\} \quad (2)$$

式中: $A$ 为设计道路的线性、超高、视距等指数矩阵; $\theta$ 为驾驶员矩阵; $n$ 为自然状态数; $C$ 为计算函数; $C(A, \theta)$ 为驾驶员  $\theta$  对设计道路指标  $A$  的评价值,分值越高,说明道路安全性越好。

##### 1.3.2 模糊综合评价

单纯地对错误行为进行统计,同样可找出设计道路对安全考虑不足之处,但较为片面,没将错误轻重进行区分和分析。通常一个错误行为可能是由几

方面的因素引起的,不同的因素又占有不同的比重,且界限不明确。对此利用模糊综合评价可有效避免片面性。其基本步骤是:

- (1)邀请有关专家组成评价小组;
- (2)讨论确定道路评价因素  $U$  集和评价  $V$  集,以及错误与不同单因素的关系;
- (3)根据专家们的经验,确定各道路评价因素的权重  $\alpha$ ;
- (4)按评定的评价等级尺度,对设计道路的单因素进行评价,即根据驾驶员的错误行为的严重程度给此路段的相关单因素打分;
- (5)计算评价系统的综合评定结果  $F$ ,找出设计道路对安全考虑不足之处并分析其原因。

此方法的准确程度取决于通过专家得出的道路评价因素的权重  $\alpha$  和错误与单因素的关系。

## 2 客观评价方法

客观评价方法主要是通过“人”的生理特征的变化和“车”的特性变化进行评价。可以通过驾驶员视距变化、眼动、汽车的稳定性和道路线形宜人程度等进行评价。

### 2.1 驾驶员视距变化评价方法

在平常驾驶时是很难记录驾驶员的视距,对于设计道路就更是根本不可能,因此无法通过驾驶员视距及其变化程度来评价道路安全性。但在模拟器上记录车辆行使的轨迹却是非常简单的事,通过轨迹就可计算出驾驶员的视距变化情况。驾驶员的视距主要分三种:①前方没有车辆,这时驾驶员的视距基本上只会受到山的影响;②前方有行驶车辆,驾驶员的视距会受到车和山的影响;③夜间视距<sup>[5]</sup>。道路设计通常只考虑第一种情况。此评价方法的基本思路是:

- (1)建立实时计算视距方法,在夜间需考虑亮度对视觉的影响;
- (2)建立视距评价标准,主要是通过人开始感知信息到车辆刹车完的时间确定视距<sup>[6]</sup>,这段时间可分成感知信息时间、判断时间、决策时间、动作时间、车辆开始制动时间和刹车时间,同时应考虑设计车速和实际车速;
- (3)驾驶员驾驶模拟器在设计道路上行驶,并通过计算机实时记录下驾驶员视距;
- (4)分析视距数据,找出不良视距地段,进行安全性分析。

在客观评价方法中,此方法的评价标准相对容易得到,也有说服力。但由于光线强弱问题和会车时

的光线影响,夜间视距不易计算。

### 2.2 驾驶员的眼动评价方法

因为人有80%左右的信息是来自于眼睛,因此目前很多研究都利用眼动仪来测量驾驶员眼动情况,以此来判断人的工效。但目前在中国应用眼动仪来评价道路安全还未见有关文章,国外也还在研究中<sup>[7]</sup>。主要是评价的标准较难确定,即眼睛的运动情况怎样与道路安全联系起来,什么样的运动状况时,道路为安全或不安全还很难确定。如果确定了评价标准,那在模拟器上评价道路安全将是极为容易的事。

### 2.3 道路线形宜人程度评价方法

通常情况下,驾驶员行驶在与他们所期望的公路几何特性一致的路段附近所犯的误差较少。但是,当道路几何特性与驾驶员的期望不一致时,驾驶员可能仍然会自主地按照自己所期望的道路几何特性行驶,那么在这样的路段附近他所犯的误差就较多。因此在驾驶模拟器里可以记录下驾驶员行车路线,将行车路线和道路中线进行吻合程度比较,偏差较大的路段的线形就可能是宜人程度不如意的地段。其模型较为简单

$$D(t) = |\bar{V}(x, y, z, t) - \bar{R}(x, y, z, t)| \quad (3)$$

式中: $D$ 为偏差距离; $\bar{V}(x, y, z, t)$ 为行车路线; $\bar{R}(x, y, z, t)$ 为道路中线; $t$ 为时间。

偏差距离标准的确定可通过在安全道路行驶上得到,同时标准的准确度可通过在多条安全道路上行驶进行验证。但此标准会受到驾驶模拟器的仿真度影响,即视景不够真实和车辆动力学模型不稳定等都会影响驾驶员的驾驶状况,这样将会影响行车路线。

### 2.4 汽车的稳定性评价方法

汽车在行驶时,作曲线运动会受到侧向力作用<sup>[8]</sup>。侧向力接近附着极限或达到饱和可能会使车辆丧失动力学稳定性。汽车在路面上行驶时,很难实时记录下来其与路面的作用力,但在模拟器上却可较为方便地记录下汽车的前内轮制动力、前外轮制动力、后内轮制动力和后外轮制动力等动力学参数随行车路线的变化情况。通过分析制动力出现较大变化或达到极限的情况,就可对道路的安全性进行评价。

根据文献<sup>[8]</sup>,稳定性的评价标准可采用如下不等式

(下转第112页)

求解单货物品种问题 $(j, d_j, Q_j^0)$ , 并得出解为 $\{Y_j^1, F_j^1\}$  (求解方法见问题 P')。

For  $t := 1$  to  $T$

$Y_{jt} := Y_j^0 + Y_j^1$  (第  $t$  时间段内发送的箱数)

$F_{jt}; F_j^1$  (在第  $t$  时间段发送货物  $j$  的箱子中空着的空间占整个货箱容积的百分比)

$M_t :=$  第  $t$  时间段内可以使用的卡车数

For  $m := 1$  to  $M_t$

修正  $E_{mt}$

next  $m$

next  $t$

next  $j$

由解的调整算法可以求出满足各时间段货物需求的货物运输量 $\{Y_{jt}, F_{jt}\}$ 和装车方案。

## 4 结 语

为多货物品种集装化运输的优化调度问题设计了三阶段算法。该算法主要由求解批量问题的算法和拼箱问题的算法通过有效地衔接所组成, 而批量问题算法和拼箱问题算法又是完全独立的。采用其

它批量问题算法和拼箱问题算法所组成的三阶段算法同样可以有效地处理此问题, 所以该算法具有很大的灵活机动性。而批量问题和拼箱问题本身又都是很值得进一步研究的问题。

## 参考文献:

- [1] LAMBRECHT M, EECKEN V J. A capacity constrained single-facility dynamic lot-size model [J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(1): 132—136.
- [2] DOWSLAND K. Packing problems [J]. European Journal of Operational Research, 1993, 68(3): 389—399.
- [3] NEJIB B K. The multi-itme joint replenishment problem with transportation and container effects [J]. Transportation Science, 1994, 28(1): 37—54.
- [4] 《运筹学》教材编写组. 运筹学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1990. 126—271.
- [5] EVANS J R. An efficient implementation of the wagner-whitin algorithm for dynamic lot-sizing [J]. Journal of Operation Management, 1985, 5(2): 229—236.

(上接第 92 页)

$$|\beta + E_1\beta| \leq E_2$$

式中:  $\beta$  为车辆质心处侧偏角;  $E_1, E_2$  为常量系数。

该不等式成立时, 认为车辆的行驶状态是稳定的, 即此段道路安全, 反之则不安全。但此标准也会在一定程度上受到驾驶模拟器仿真度的影响。

## 3 结 语

通过对主客观方法的分析, 可发现主观评价与经验有很大的关系, 这些评价方法有如下特点:

(1) 在专家经验的基础上, 又进行了实验, 相互验证, 逻辑上合理, 有较强的说服力;

(2) 可以避免驾驶模拟器仿真度不高(如模拟器没有真实的动感)的影响, 能在略微粗糙的模拟条件下进行安全评价。

主观评价方法有时实际结果并不如所想象的方便和理想, 主要是因为方法是基于“人”的主观感受建立的, 与“人”的习惯、能力、情绪以及个体差异等都有关系。其主要缺陷有:

(1) 评价人数少时, 样本值达不到要求, 评价的可靠性差;

(2) 实验周期长, 数据处理较为困难。

客观评价方法非常直观, 没有太多的人为因素

影响, 只需用标准对结果进行判断即可。但客观评价方法的评价标准不易确定, 需进行大量的实验和调查, 才能建立一可靠的标准。另外, 客观评价方法受模拟器仿真度的影响较大。

## 参考文献:

- [1] 孙大志, 沈化荣, 郭忠印, 等. 道路安全评价——改善道路交通安全的有效途径[J]. 山东交通科技, 1999, 15(3): 56—59.
- [2] 陈晓剑, 梁 梁. 系统评价方法及应用[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1993.
- [3] 罗江涛, 刘小明, 任福田. 道路交通安全灰色评价方法研究[J]. 中国公路学报, 1995, 8(4): 78—83.
- [4] 刘小明, 段海林. 平面交叉口交通安全评价方法[J]. 人类工效学, 1997, 3(1): 49—53.
- [5] 金 键. 驾驶员夜间视力与行车安全研究[J]. 西南交通大学学报, 2000, 35(2): 201—203.
- [6] 王武宏, 孙逢春. 道路交通系统中驾驶行为理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [7] YUZURU MATSUURA. A study of evaluation based on physiological responses of a driver's task and stress level while maneuvering a vehicle [J]. SAE Paper 970278.
- [8] 王德平, 郭孔辉, 宗长富. 车辆动力学稳定性控制的仿真研究[J]. 汽车技术, 1999, 30(2): 8—10.