

## 公路客运量预测方法的比较

王生昌, 白韶波, 张 慧

(长安大学 汽车学院, 陕西 西安 710064)

**摘 要:**科学准确地预测公路客运量,超前掌握公路客运量发展的趋势、特点、规律和数量,是制定公路客运发展和站场配置规划的基础。运用灰色模型、指数平滑模型、回归分析法、弹性系数法等多种预测模型对某城市 2003~2015 年公路客运量进行了分析预测,通过残差分析和绝对百分误差(MAPE)进行择优,提高了预测精确度。最后采用组合预测确定终值并进行了分析比较。结果表明,组合预测综合考虑了各种因素的影响,能够提高公路客运量预测精度,为公路客运发展提供科学决策依据。

**关键词:**交通工程;公路运输;客运量;预测方法;模型

**中图分类号:**U492.413

**文献标识码:**A

## Prediction methods of highway passenger volume

WANG Sheng-chang, BAI Shao-bo, ZHANG Hui

(School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** Scientifically and accurately predicting passenger volume, mastering the development trend, characteristic, raw and quantity is the base of constituting passenger development and coach station collocation plan. This paper predicts highway passenger volume of one city during 2003~2015 by four methods, gray model, three index smooth model, regressive analyst and flexible coefficient. In order to improve the forecasting accuracy, it applies residual error analysis and absolute percentage errors, and applies the combined forecasting models to determine the terminal values, which is a valuable research for highway passenger volume forecasting. 2 tabs, 3 figs, 9 refs.

**Key words:** traffic engineering; highway transport; passenger volume; forecast method; model

## 0 引 言

为了准确把握道路旅客运输量的未来特征,许多学者提出了多种预测模型,进行了有益的探索。预测方法已有 300 多种,归纳起来大体分为定性预测和定量预测两类<sup>[1,2]</sup>。常用的定性预测方法是德尔菲(Delphi)法;定量预测方法有指数平滑法、回归分析法、马尔可夫分析法、客流调查法、弹性系数法、

细分集成法、灰色系统法等。本文通过选用其中几种方法对某城市公路客运量进行综合预测,并进行分析比较,以探讨预测方法的应用范围和合理性。

## 1 预测方法

### 1.1 回归分析预测

在进行回归分析预测时,选取了与公路客运量



发展密切相关的指标作为自变量,如国民生产总值、居民消费水平、城市人口、国内外旅游人次以及城市对外交通流量和城市用地强度等<sup>[3]</sup>,并对这些影响因素的关联度进行分析,找出关联度大的因素作为回归因子。

由关联度中两级差  $\Delta_i^{(k)} = |x_0^{(k)} - x_i^{(k)}|$  得到

$$\varepsilon_i^{(k)} = \frac{\min \min \{\Delta_i^{(k)}\} + \rho \max \max \{\Delta_i^{(k)}\}}{\Delta_i^{(k)} + \rho \max \max \{\Delta_i^{(k)}\}}, \rho = 0.5$$

其中,  $x_i^{(k)}$  为数值初始化的参考序列,则关联度

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon_i^{(k)}$$

根据某城市 1985~2002 年发生的交通量,可得到其公路客运量与相关因素的关联度(表 1)。

表 1 某城市客运量关联度

指标	国民生产总值	居民消费水平	人口数量	国内外旅游人次
关联度	0.709 72	0.747 47	0.788 73	0.897 73

从表 1 可以看出,国内生产总值、居民消费水平、人口数量、国外旅游人次等 4 个因素都与公路客运量有一定的关联性,理论上这些指标都可以作为自变量。但在选择时,若相关因素过多,累计误差就越大,而且还可能因为自变量之间不完全独立而引起计算上的困难(病态或退化)<sup>[4]</sup>。所以,筛选时应尽可能使自变量少一些,并使自变量相互独立。根据这一原则,本文选择关联度最大的国内外旅游人次作为自变量,这一因素也符合预测城市的特点。由此得到的一元线性回归方程为

$$\hat{y} = a + bx = 544.001\ 196\ 79 + 0.012\ 784\ 04x$$

经预测,2003~2015 年该城市公路旅客运输量走势如图 1 所示。最后经显著性检验,可知在 95% 的置信度下回归系数与 0 有显著性差异,因此回归是显著的。

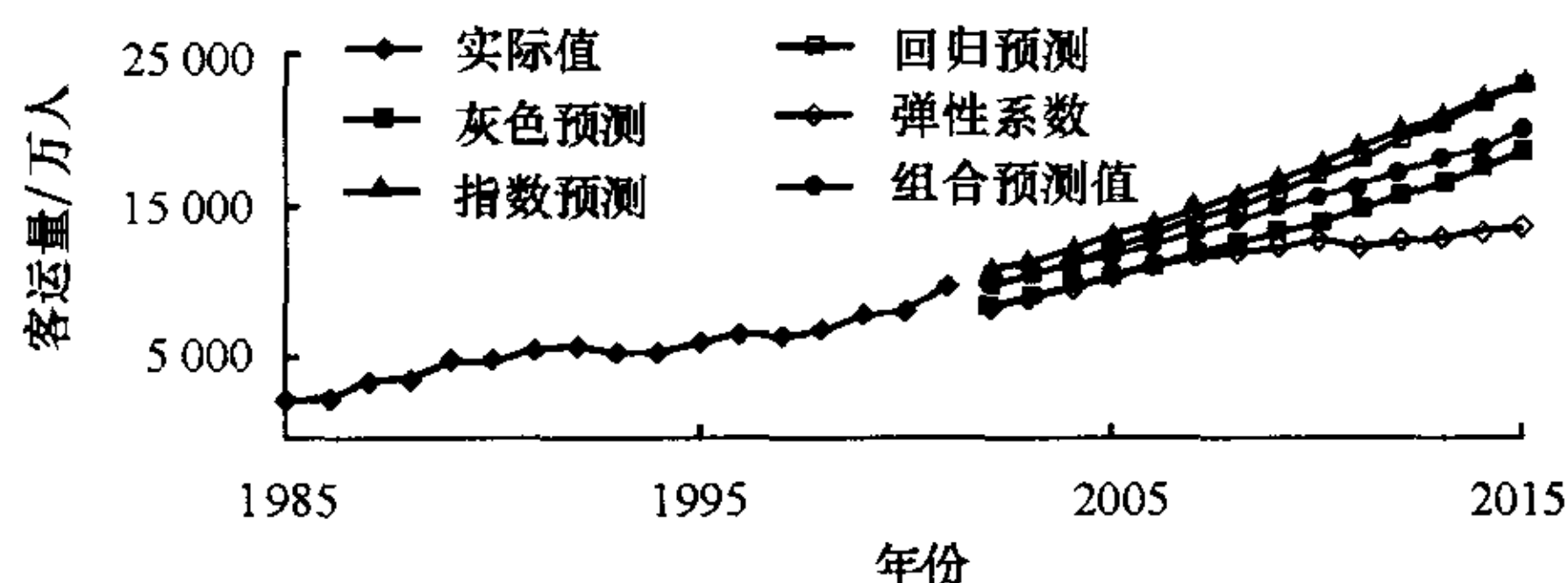


图 1 组合预测与其他 4 种预测方法预测趋势的比较

## 1.2 弹性系数法预测

弹性系数  $E$  表示公路客运量年增长率  $R_y$  与国民经济年增长率  $R_x$  之比,即:  $E = R_y/R_x$ ,由此可得  $R_y = ER_x$ ,即可预测公路运输量为

$$y = A_0(1 + R_y)^T$$

式中:  $y$  为预测年份的公路运输量;  $A_0$  为基年公路运

输量;  $R_y$  为公路运输量年增长率;  $T$  为预测年数。

应看到随着通信手段的进一步完善和发展,公路客运量的增长将呈现减缓的趋势,即弹性系数会有所下降。预测结果走势如图 1 所示。

## 1.3 灰色模型预测

交通运输的发展与国民经济各部门的发展密切相关,与人民生活水平、国防、自然灾害、人口态势、地区差异等都有着不可分割的关系。交通运输系统既有已知信息,又有未知和非确定的信息,因此它属于灰色系统。灰色预测直接使用的不是原始数据,而是由原始数据产生的生成数。

由 GM(1,1) 模型<sup>[5]</sup> 可得预测方程为:  $\hat{X}_{t+1} = [X_1^{(0)} - b/a]e^{-at} + b/a$ ,对  $\hat{X}_{t+1}$  作逆生成处理,便得到  $X_t^{(0)}$  的预测值  $\hat{X}_{t+1}$  ( $t$  为时间序列)。建立矩阵方程  $Y = XB$ ,可估计参数  $a, b$ 。

利用上述模型,由 1985~2002 年公路客运量,得到 2003~2015 年公路客运量预测方程为

$$\hat{X}_{t+1} = (2\ 393.4 + 60\ 214.243\ 36)e^{0.056\ 44t} - 60\ 214.243\ 36$$

依次令  $t = 0, 1, 2, \dots, 17$ 。便可得到 1985~2002 年公路客运量的追逆预测值。再对  $\hat{X}_{t+1}$  作逆生成处理,便可得到初始预测值  $\hat{X}_t^0$ 。对初始预测值检验时,其均方误差和百分绝对误差分别为

$$e_{MSE} = \frac{1}{18} \sum_{t=0}^{17} (X_{t+1}^{(0)} - \hat{X}_{t+1}^0)^2 = 317\ 681.74$$

$$e_{MAPE} = \frac{1}{18} \sum_{t=0}^{17} \frac{|x_{t+1}^{(0)} - \hat{x}_{t+1}^{(0)}|}{x_{t+1}^{(0)}} = 0.083\ 082 = 8.308\ 2\%$$

采用残差 GM(1,1) 模型修正可进一步提高预测精度,修正后的预测模型为:  $Y_{t+1}^{(1)} = (1\ 557.75 + 6.35 \times 10^3)e^{0.106t} + 6.53 \times 10^3$ ,对预测结果检验时,其均方误差和绝对百分误差分别为

$$e_{MSE} = \frac{1}{17} \sum_{t=0}^{17} (X_{t+1}^{(0)} - \hat{X}_{t+1}^{(0)})^2 = 255\ 505.28$$

$$e_{MAPE} = \frac{1}{17} \sum_{t=0}^{17} \frac{|X_{t+1}^{(0)} - \hat{X}_{t+1}^{(0)}|}{X_{t+1}^{(0)}} = 0.067\ 227\ 1 = 6.722\ 7\%$$

修正后其均方误差由原来的 317 681.74 下降为 255 505.28,百分绝对误差由原来的 8.308 2%下降为 6.722 7%。根据判则,  $e_{MAPE} \leq 10\%$  属于高精度预测。预测结果走势如图 1 所示。

## 1.4 指数平滑法预测

平滑法适应于时间序列,对于历史数据采取不同对待,一般对近期数据赋较大的权值,相关因素和



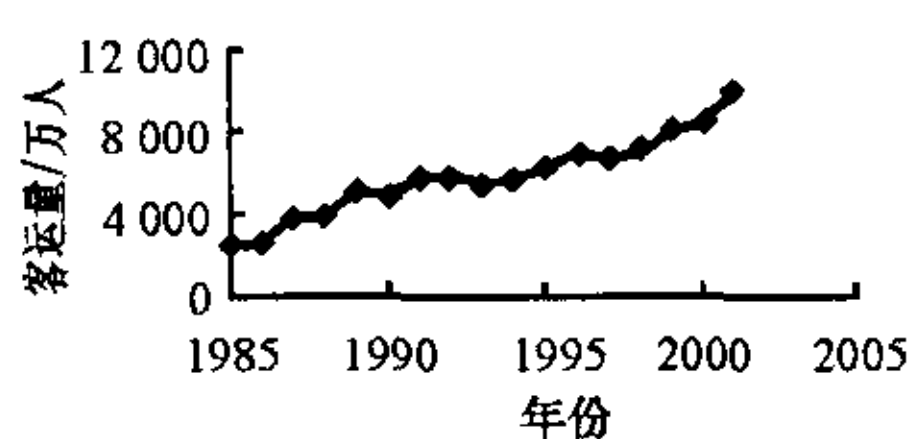


图 2 公路运输客运量发展趋势图

预测目标只与时间有关,也就是说不需要相关因素的未来预测值就可以进行预测。由图 2 可知,该城市 1985~2001 年已发生的公路客运量随时间呈非线性增长,故采用三次指数平滑法预测其公路客运量。

三次指数平滑预测模型为

$$Y = a_t + b_t L + c_t L^2$$

式中: $Y$  为预测目标; $t$  为时间序列; $L$  为未来的单位时间段; $a_t$  为一次平滑系数; $b_t$  为二次平滑系数; $c_t$  为三次平滑系数。

在确定  $a_t$ 、 $b_t$ 、 $c_t$  及  $X_t$  的各次平滑值  $S_t^{(1)}$ 、 $S_t^{(2)}$ 、 $S_t^{(3)}$  时,加权系数  $\alpha$  是新旧数据在预测中的比例因子。 $\alpha$  越大,新数据所起的作用就越大,模型的灵敏度越高,适应新水平快,但容易过敏。反之,则落后于发展趋势。在公路客运量预测中  $\alpha$  取值一般为 0.1~0.6。根据有关资料,平滑预测值总是滞后或超前于实际值,其超前或滞后的程度取决于  $\alpha$  的选值。当需求(预测目标)比较稳定时, $\alpha$  可取 1 个较小的数;如果需求量增加很快, $\alpha$  就取较大的值。故本文在预测中对  $\alpha$  取 0.1、0.2、0.25、0.3、0.6 分别预测,然后用过去几年的预测值与实际值的误差分析,选用误差较小的  $\alpha$  进行未来年的预测<sup>[6]</sup>。

利用上述模型,预测得到的 1985~2001 年公路客运量与实际客运量分析比较(图 3)。

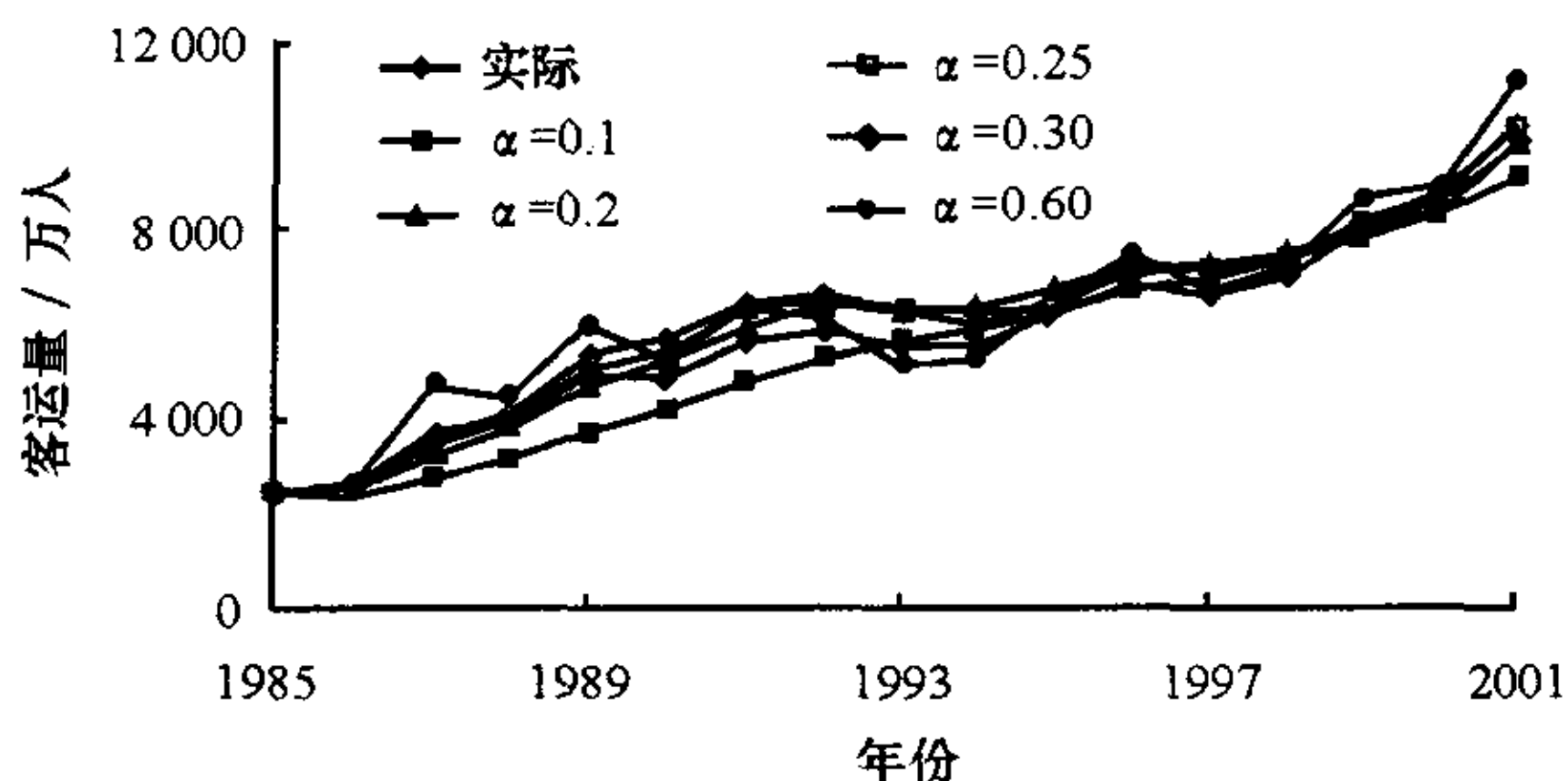


图 3 指数平滑法追溯预测发展趋势图

由图 3 可知, $\alpha = 0.25$  时曲线更接近实际值,当  $\alpha = 0.25$  时,求得  $e_{MAPE} = 6.23\%$ ,属于高精度预测。模型为: $Y_{t+L} = 9\,322.425 + 654.060L + 17.301L^2$ ,预测结果走势如图 1 所示。

### 1.5 组合预测

在公路客运量预测中,各种预测方法基于不同的考虑,各有优点和不足,不能绝对肯定或否定那一种预测方法。为了将每种预测方法包含的有用信息

全部反映在预测结果里,一般需采用组合模型预测,将不同模型的计算结果综合起来,相互取长补短,提高预测精度和增加预测结果可靠性<sup>[7~9]</sup>。

组合预测模型为

$$\hat{Y} = \sum_{i=1}^n w_i \hat{y}_i$$

式中: $\hat{Y}$  为组合预测值; $y_i$  为第  $i$  种预测模型的预测值; $w_i$  为第  $i$  种预测模型被赋予的权重系数; $n$  为预测模型的数目。

采用标准差法确定权重  $w_i$

$$w_i = \frac{S - S_i}{S} \frac{1}{n-1}$$

式中: $S = \sum_{i=1}^n S_i$ ,  $S_i$  为第  $i$  种预测模型的标准差<sup>[8]</sup>。

根据上述分析可知,灰色系统预测模型和指数平滑法的惯性原理对近期的预测的精度较高;而回归分析法和弹性系数法的相关原理对中远期预测的精度较高。结合专家调查法对理论值进行修正,得到的最终预测结果(表 2)。组合预测与其他 4 种预测方法预测值的趋势比较见图 1。

表 2 组合预测客运量值 /万人

年 份	2003	2004	2005	2006	2007
客运量	10 534.66	11 185.45	11 869.42	12 441.28	13 224.54
年 份	2008	2009	2010	2011	2012
客运量	13 984.43	14 778.21	15 606.55	16 267.76	17 140.92
年 份	2013	2014	2015		
客运量	18 049.54	18 994.36	19 976.20		

## 2 结 语

(1) 本文采用了建立在惯性原理基础上适于中、短期预测的灰色模型和三次指数平滑模型,以及在不同原理基础上适于远期预测的回归分析法和弹性系数法。4 种预测方法中,灰色模型的预测值的趋势与组合预测值基本一致,但其预测结果偏于保守。

(2) 通过 4 种方法预测的公路客运量发展走势与组合预测结果分析比较,可知组合预测综合考虑了各种因素的影响,能够提高预测的精度,减少预测误差。然而,在未来交通的发展过程中,各种不确定因素都可能对客流量预测产生很大的影响。因此,在未来客流量的预测值中需考虑 10%~20% 的弹性范围<sup>[7]</sup>,并在设计指标中予以体现。

(下转 98 页)



变更系数较小的原因是天然气的理论空气量较大及分子量较小,其原因是天然气分子中含氢比例较大;进入的空气量少是由于天然气占据了一部分容积以及充气效率较小。充气效率较小是由于混合器带来附加的进气损失。

(2)应当从大负荷合理加浓、减小天然气的容积效应、优化点火提前角、减小混合器阻力、降低进气温度等方面提高 NGV 的动力性。

#### 参考文献:

#### References:

- [1] 边耀璋. 汽车新能源技术[M]. 北京:人民交通出版社, 2003.  
BIAN Yao-zhang. Technology on new energy of automobile[M]. Beijing: People's Communications Press, 2003.
- [2] GU Shan-yu. Study on bi-fuel (gasoline-LPG) engine [J]. Transaction of CSICE, 2001, 19(4): 323-326.
- [3] 郝利君, 张付军. 天然气发动机的发展现状与展望 [J]. 汽车工程, 2000, 22(5): 333-337.  
HAO Li-jun, ZHANG Fu-jun. Present situation and future trends of natural gas fuelled engine[J]. Automotive Engineering, 2000, 22(5): 333-337.
- [4] 刘生全, 马志义, 张春化, 等. 提高天然气汽车动力性能的研究[J]. 中国公路学报, 2003, 16(1): 118-121.  
LIU Sheng-quan, MA Zhi-yi, ZHANG Chun-hua, et al. Study of improving the dynamic performance of natural gas automobile [J]. China Journal of Highway and Transport, 2003, 16(1): 118-121.
- [5] 刘生全, 马志义, 司利增, 等. 天然气汽车性能影响因素的试验[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2003, 23(1): 76-79.  
LIU Sheng-quan, MA Zhi-yi, SI Li-zeng, et al. Experiment of natural-gas-automobile performance[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2003, 23(1): 76-79.
- [6] 张春化, 解亚利, 蹇小平. 气体燃料/汽油两用燃料汽车自适应燃料点火器[J]. 交通运输工程学报, 2002, 2(1): 110-113.  
ZHANG Chun-hua, XIE Ya-li, JIAN Xiao-ping. Self-adaptive fuel ignition unit for flexible-fuel automobile of gaseous fuel/gasoline [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2002, 2(1): 110-113.

~~~~~  
(上接 85 页)

#### 参考文献:

#### References:

- [1] 陆化普. 交通规划理论与方法[M]. 北京:清华大学出版社, 1998.  
LU Hua-pu. Transport planning theory and method [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1998.
- [2] Yin Hongbin, Wang S C, Xu Jianmin, Wang C K. Urban traffic flow prediction using a fuzzy-neural approach[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2002, 10(2): 85-98.
- [3] 霍娅敏. 公路交通量预测的模型及参数研究[J]. 重庆交通学院学报, 1999, 18(1): 1-4.  
HUO Ya-min. Study on prognostic model and parameter of highway traffic volume [J]. Journal of Chongqing Jiaotong University, 1999, 18(1): 1-4.
- [4] 纪跃芝, 冯延辉. 应用灰色系统 GM(1,1)模型预测长春市公路客运量[J]. 吉林工学院学报, 1997, 18(2): 52-56.  
JI Yue-zhi, FENG Yan-hui. Application of gray system GM(1,1) models to the forecast of highway passenger traffic mass in Changchun city [J]. Journal of Jilin Institute of Technology, 1997, 18(2): 52-56.
- [5] 晏启鹏, 朱云初. 运输量预测的逆进综合推定法[J]. 西南交通大学学报, 1996, 31(5): 501-505.  
YAN Qi-peng, ZHU Yun-chu. Gradual-synthetically-forecast method about freight volume [J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 1996, 31(5): 501-505.
- [6] 胡大伟. 西安市公路运输量发展预测[J]. 西安公路交通大学学报, 1998, 18(2): 51-55.  
HU Dai-wei. The prediction of highway transportation volume development in Xi'an city [J]. Journal of Xi'an Highway University, 1998, 18(2): 51-55.
- [7] 裴玉龙, 陈洪仁. 干线公路网交通量综合预测法研究[J]. 中国公路学报, 1997, 10(3): 101-105.  
PEI Yu-long, CHEN Hong-ren. Study of comprehensive method to forecast the traffic volume in arterial highway network [J]. China Journal of Highway and Transport, 1997, 10(3): 101-105.
- [8] 黄伟. 综合交通枢纽的客流预测分析[J]. 城市交通, 2004, 8(3): 35-38.  
HUANG Wei. An analysis on passenger flow forecast of comprehensive transportation hub [J]. Urban Transport of China, 2004, 8(3): 35-38.
- [9] 张周堂. 旅客运输体系的演变分析[J]. 交通运输工程学报, 2004, 4(3): 85-89.  
ZHANG Zhou-tang. Development of passenger transport system [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004, 4(3): 85-89.