

文章编号:1671-5497(2005)04-0426-05

# 基于系统动力学的道路运输量预测模型

王云鹏, 杨志发, 李世武, 魏海林, 王利芳

(吉林大学 交通学院, 长春 130022)

**摘要:**为了克服道路运输量预测方法中考虑系统因素较少的缺点,在对道路运输系统的主要影响因素及其因果关系进行分析的基础上,建立了道路旅客运输、道路货物运输供给与需求量预测系统动力学模型,并采用吉林省道路运输各相关统计数据对模型进行了仿真和验证。结果证明该模型有效可行。

**关键词:**交通运输系统工程; 道路运输量; 预测模型; 系统动力学

**中图分类号:**U491.14      **文献标识码:**A

## Prediction Model of Road Transportation Volume Based on System Dynamics

WANG Yun-peng, YANG Zhi-fa, LI Shi-wu, KUI Hai-lin, WANG Li-fang

(College of Transportation, Jilin University, Changchun 130022, China)

**Abstract:** To overcome the weak point of less consideration on the system factors in the road transportation volume prediction approaches, a model based on the system dynamics was established to predict the road passenger and freight transportation supplies and demands on the basis of analysis of the main influence factors of the road transportation system and their causalities. The proposed model was verified by simulation using the relevant statistical data of Jilin province road transportation volume and its feasibility and efficiency were proved.

**Key words:** transportation system engineering; road transportation volume; prediction model; system dynamics

## 0 引言

道路运输量预测结果是道路运输决策的重要依据,预测方法的选取将直接影响预测结果。目前国内预测道路运输量的常用方法有弹性系数法、时间序列法、线性回归法、灰色系统法<sup>[1,2]</sup>等。这些方法虽然已经很成熟,但它们的共同缺点是考虑的系统影响因素较少。采用系统动力学方法建模,能较全面地考虑一个动态的、复杂的各

种主要影响因素,可以对系统进行比较充分的分析,结论也能更符合实际情况。作者将系统动力学方法应用于道路运输量的预测中,首先分析了道路运输系统的主要影响因素及其因果关系,然后建立了客、货运系统动力学模型,最后使用吉林省道路运输相关统计数据对模型进行了验证。

## 1 道路运输量预测系统动力学模型

根据系统动力学解决问题的主要步骤制定了

收稿日期:2004-11-18.

基金项目:吉林省交通科技发展基金资助项目(2001-2-5).

作者简介:王云鹏(1966-),男,教授,博士生导师.研究方向:交通环境与系统资源优化. E-mail: wangyunpeng@jlu.edu.cn

道路运输量预测系统动力学模型的建立过程,如图1所示。

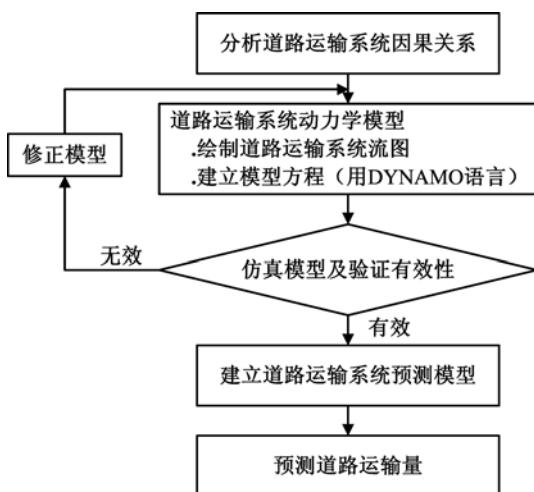


图1 道路运输量预测系统动力学模型流程图

Fig.1 Flow chart of system dynamics model for road transportation volume prediction

### 1.1 道路运输系统基本因果关系

经济的发展将引起社会总需求的增加,从而增加道路货运、客运的需求;同时,客运、货运需求量的增加又将进一步促进经济的发展。交通运输作为基础性、公益性设施,其社会效益比较大,因此客观上需要政府对交通运输进行投资(或实行特殊政策),以增加交通运输供给。道路运输供给的增加将使道路运输部门完成更多的运输量,从而使其收益(收入)增加,在一定条件下能自我发展<sup>[3]</sup>。

运价与需求、运价与供给的关系分别体现在运价对道路运输需求、道路运输供给的市场调节作用之中。

经过上述分析,道路运输系统各要素的关系可用图2所示的因果关系描述。

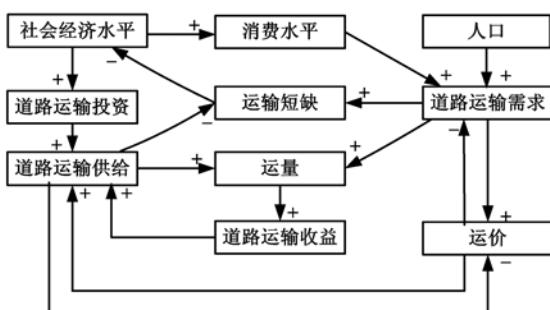


图2 道路运输系统因果关系

Fig.2 Causality of road transportation system

### 1.2 道路运输量预测模型建立<sup>[4~6]</sup>

#### (1) 客运需求模型

旅客运输需求来源于社会经济活动的需要,受到人口数量、经济发展水平、居民的消费水平、季节波动以及旅游业的发展等多种因素的影响。公路客运需求子构造流图如图3所示。

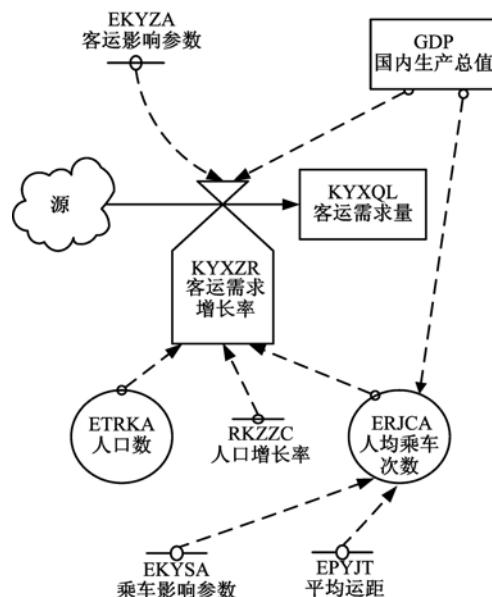


图3 道路客运需求子构造流图

Fig.3 Flow chart of road passenger transportation demand subroutine

系统动力学模型方程如下:

$$L \text{ KYXQL. K} = \text{KYXQL. J} + DT * \text{KYXZR. JK}$$

$$R \text{ KYXZR. KL} = EKYZA * GDP. K + ETRKA. K * ERJCA. K * RKZZC$$

$$A \text{ ERJCA. K} = GDP. K * EKSYA$$

式中:L表示状态方程;R表示速率方程;A表示辅助方程;., K., J., JK 和. KL 为时间下标,分别表示当前时刻、前一时刻、前一时间段和当前时间段;DT 为仿真时间间隔(步长),本文取 1 年;其他符号的含义见图 3。

#### (2) 货运需求模型

货运需求量随着经济的发展而增加,同时货运需求量的增加又促进经济增长。公路货运需求子构造流程如图4所示。

系统动力学模型方程如下:

$$L \text{ HYXQL. K} = HYXQL. J + DT * HYQZR. JK$$

$$R \text{ HYQZR. KL} = HYXST * GNYZZA. K + THPZT * DSCZZA. K$$

$$A \text{ GNYZZA. K} = GYCZA. K + NYCZA. K$$

方程中各符号的含义见图 4。

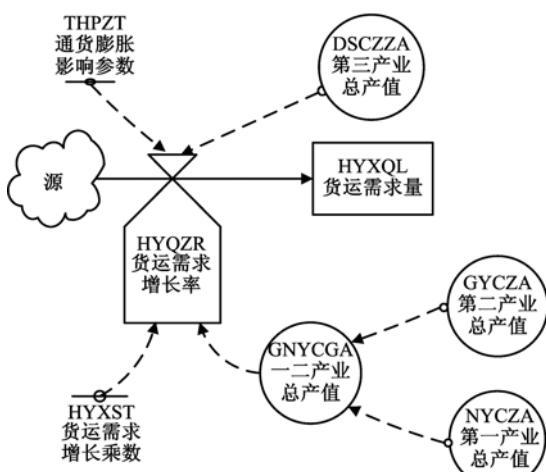


图4 道路货运需求子构造流图

Fig. 4 Flow chart of road freightage demand subroutine

## (3) 客运供给模型

公路客运供给主要受国家投入、客运自收益、完成客运量等影响,道路客运供给子构造流程如图5所示。系统动力学模型方程如下:

$$L \text{KCZSL. K} = \text{KCZSL. J} + DT * (\text{KCZZR. JK} - \text{KCBFR. JK})$$

$$R \text{KCBFR. KL} = \text{KCBFC} * \text{KCZSL. K}$$

$$R \text{KCZZR. KL} = \text{KCZZT} * \text{GDPL. K} + \text{KCZZC} * \text{KSYYXA. K}$$

$$A \text{KSYYXA. K} = \text{SMOOTH}(\text{KYSYA. K}, \text{PHSJC})$$

$$A \text{KYSYA. K} = \text{KSYCST} * \text{KYCGA. K}$$

方程中各符号的含义见图5。

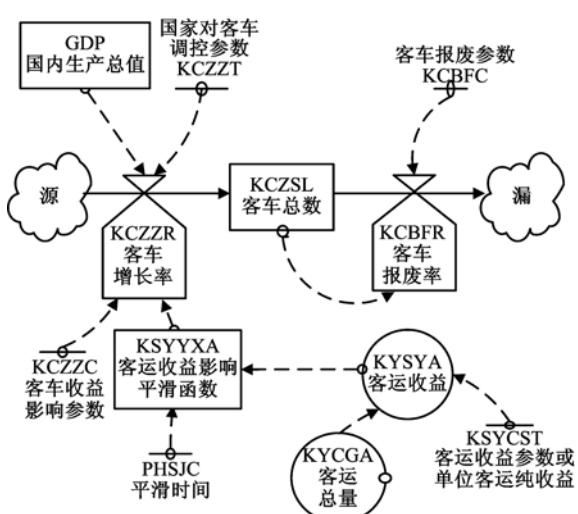


图5 道路客运供给子构造流图

Fig. 5 Flow chart of road passenger transportation supply subroutine

## (4) 货运供给模型

公路货运供给主要受国家投入、货运自收益、完成货运量等影响,道路货运供给子构造流程如图6所示。系统动力学模型方程如下:

$$L \text{HCZSL. K} = \text{HCZSL. J} + DT * (\text{HCZZR. JK} - \text{HCBFR. JK})$$

$$R \text{HCBFR. KL} = \text{HCBFC} * \text{HCZSL. K}$$

$$R \text{HCZZR. KL} = \text{HCZZT} * \text{GDPL. K} + \text{HCZZC} * \text{HSYYXA. K}$$

$$A \text{HSYYXA. K} = \text{SMOOTH}(\text{HYSYA. K}, \text{PHSJC})$$

$$A \text{HYSYA. K} = \text{HSYCST} * \text{HYCGA. K}$$

方程中各符号的含义见图6。

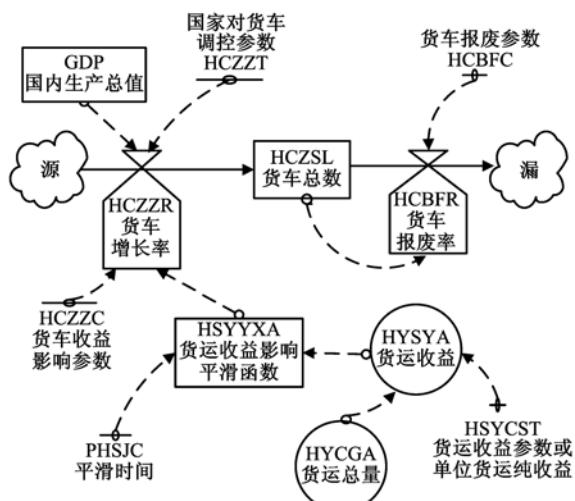


图6 道路货运供给子构造流图

Fig. 6 Flow chart of road freightage supply subroutine

## 1.3 模型的仿真及验证

系统动力学模型参数的确定方法有观察法、经验法、估计法、拟合法、试验寻优法等。由于通货膨胀率、客货车辆报废率、第一产业产值、第二产业产值、第三产业产值以及道路运输需求量和供给量的统计数据容易获得,所以模型中的未知参数可通过拟合分析法确定。

作者对吉林省道路运输历史统计数据进行系统仿真<sup>[7,8]</sup>,模型的仿真结果及其与统计数值的误差分析如表1、表2所示。从表中可知,模型的仿真结果与统计数据之间的误差小于8%,该模型能较好地反映实际系统,模型对系统的模拟是可信的。

研究过程中还采用传统的预测统计方法,建立了相应的道路运输量预测模型,用于与系统动

力学模型进行对比分析、验证其科学性和有效性。作者以弹性系数法、二元线性回归法为例,计算其有关道路运输量预测结果,并分析预测值与统计值的误差。分析结果如表3所示。

表1 道路货物运输系统动力学模型预测误差分析

Table 1 Prediction error of system dynamics model for road freightage

特征年	道路货物运输需求量			道路货物运输供给量		
	统计值/ $10^4$ t	仿真值/ $10^4$ t	误差/%	统计值/辆	仿真值/辆	误差/%
1999	22 261	22 898	2.86	160 823	166 773	3.71
2000	23 640	23 823	0.70	168 436	165 741	1.65
2001	23 649	23 649	5.25	178 250	192 153	7.80
2002	24 777	25 585	3.16	177 160	181 234	2.32

表2 道路旅客运输系统动力学模型预测误差分析

Table 2 Prediction error of system dynamics model for road passenger transportation

特征年	道路旅客运输需求量			道路旅客运输供给量		
	统计值/万人	仿真值/万人	误差/%	统计值/辆	仿真值/辆	误差/%
1999	17 352	17 734	2.16	171 715	178 560	3.99
2000	18 170	18 752	3.10	223 093	230 550	3.34
2001	19 001	20 653	8.00	242 696	261 240	7.64
2002	19 904	21 041	5.40	296 852	291 950	1.67

注:表中统计值来源于吉林省统计局的《吉林统计年鉴》<sup>[9]</sup>

表3 道路运输量的传统方法预测误差分析表

Table 3 The forecast error for traditional model of road transport system

特征年	客运需求量预测值及误差		客运供给量预测值及误差	
	T值(误差)	E值(误差)	T值(误差)	E值(误差)
1999	16 548(-4.63%)	16 768(-3.37%)	194 900(13.50%)	196 385(14.37%)
2000	18 902(4.03%)	17 369(-4.41%)	210 241(-5.76%)	212 765(-4.63%)
2001	19 984(5.17%)	18 254(-3.93%)	251 748(3.73%)	255 393(5.23%)
2002	20 991(5.47%)	21 346(7.24%)	286 195(-3.58%)	283 966(-4.33%)

特征年	货运需求量预测值及误差		货运供给量预测值及误差	
	T值(误差)	E值(误差)	T值(误差)	E值(误差)
1999	23 188(4.16%)	22 512(11.3%)	155 763(-3.15%)	179 589(11.67%)
2000	23 997(1.51%)	23 092(-2.32%)	163 644(-2.84%)	178 925(6.22%)
2001	24 479(3.51%)	24 235(2.48%)	170 168(-4.53%)	185 012(3.79%)
2002	25 893(4.50%)	25 427(2.59%)	184 192(3.97%)	190 014(7.26%)

注:T指弹性系数法模型;E指二元线性回归模型;表中误差值是预测值与统计值的相对误差;

表中对应指标的单位与表1和表2一致。

综合分析表1、2、3与弹性系数法模型以及二元线性回归法模型相比,系统动力学模型的仿真结果与统计数据之间误差绝对值的平均值较小,误差浮动较小。因此,道路运输量系统动力学预测模型能较好的反映实际系统,对系统的模拟是可信的。

## 2 结束语

作者将系统动力学方法用于道路运输系统研究,充分分析各影响因素相互关系基础上,建立了道路运输量预测系统动力学模型。与传统预测方

法相比,该模型不仅仅考虑经济、人口等常规因素,还可以考虑更多的影响因素,能较全面的反映出系统各影响因素间的相互关系。并利用吉林省道路运输的实际统计数据对模型进行仿真验证,通过与传统模型预测数据对比分析,证明了该模型的有效性。该模型的建立为道路运输量预测提供了一种新的更有效的工具,为道路运输决策提供了更有利的保证。

### 参考文献:

- [ 1 ] 金凤阁,贾正锐,赵淑芝,曹立克,何平. 吉林地区公路运输需求 [ J ]. 吉林工业大学学报, 1997, 27(1): 91 - 95.  
JIN Feng-ge, JIA Zheng-rui, ZHAO Shu-zhi, CAO Li-ke, HE Ping. Road Transportation Needs Research for Jilin Area [ J ]. Journal of Jilin University of Technology, 1997, 27(1): 91 - 95.
- [ 2 ] 瞿尔仁,张乾坤,吴涛,甄晓霞,何刚. 公路运输量预测的综合时序分析 [ J ]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2002, 25(2): 192 - 195.  
QU Er-ren, ZHANG Qian-kun, WU Tao, ZHEN Xiao-xia, HE Gang. Comprehensive Time Series Analyzing for Highway Transport Volume Forecast [ J ]. Journal of Hefei University of Technology, 2002, 25 ( 2 ) : 192 - 195.
- [ 3 ] 张国伍. 交通运输系统动力学 [ M ]. 成都:西南交通大学出版社, 1993.
- [ 4 ] 杨志发. 吉林省道路运输定量预测模型及发展对策研究 [ D ]. 长春:吉林大学交通学院, 2004.
- [ 5 ] 刘清. 城市道路运输系统动力学模型的研究 [ J ]. 武汉交通科技大学学报, 1999, 23(1): 89 - 92.  
LIU Qing. Study on a Model of System Dynamics for Urban Street Transportation [ J ]. Journal of Wuhan Transportation University, 1999, 23(1): 89 - 92.
- [ 6 ] 刘清. 基于安全的高速公路交通 SD 模型的构建 [ J ]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2002, 26(3): 296 - 299.  
LIU Qing. A Model of System Dynamics for Highway Based on Traffic-safety [ J ]. Journal of Wuhan University of Technology( Transportation Science & Engineering Edition ), 2002, 26(3): 296 - 299.
- [ 7 ] 郑晨辉,杨国利,王大森. 城市公交系统动态模拟 [ J ]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2004, 20 ( 2 ) : 255 - 257.  
ZHENG Chen-hui, YANG Guo-li, WANG Da-miao. Dynamic Simulation of Urban Public Transport [ J ]. Journal of Harbin University of Commerce ( Natural Sciences Edition ), 2004, 20(2): 255 - 257.
- [ 8 ] 王其藩,贾建国. 加入 WTO 对中国轿车市场需求影响研究 [ J ]. 系统工程理论与实践, 2002, 3: 56 - 62.  
WANG Qi-fan, JIA Jian-guo. Impact on Sedan Demands after China Joins the WTO [ J ]. Systems Engineering Theory & Practice, 2002, 3: 56 - 62.
- [ 9 ] 吉林统计年鉴 [ M ]. 北京:中国统计出版社, 1992 - 2002.

(责任编辑 陈永杰)

YANG Zhi-fa. Study on Quantification Forecast Model and Development Strategy of Road Transportation of Jilin Province [ D ]. Changchun: College of Transportation, Jilin University, 2004.