

文章编号: 1004-4353(2013)03-0227-04

# 特大交通事故动态分布拟合及灰色拓扑预测模型

谢明芳<sup>1</sup>, 吴卢荣<sup>2\*</sup>, 许玉冬<sup>1</sup>

( 1. 福建农林大学金山学院, 福建 福州 350002; 2. 福建农林大学 计算机与信息学院, 福建 福州 350002 )

**摘要:** 根据国家统计局 1996—2012 年特大交通事故的统计资料, 利用 Matlab 软件对交通事故的 4 项指标进行动态分布拟合, 以灰色预测模型为基础建立了灰色拓扑预测模型, 并预测了未来 5 年的特大交通事故发生情况. 结果表明, 灰色拓扑预测模型精度达到 1 级标准, 说明该模型对我国特大交通事故发生情况的预测具有可靠性.

**关键词:** 动态分布拟合; 灰色拓扑预测; 特大交通事故; 三次样条插值

**中图分类号:** U491.3      **文献标识码:** A

## Dynamic distribution curve fitting of extraordinarily serious traffic accident and prediction model base on gray topological theory

XIE Mingfang<sup>1</sup>, WU Lulong<sup>2\*</sup>, XU Yudong<sup>1</sup>

( 1. Jinshan College of Fujian Agricultrure and Forestry University, Fuzhou 350002, China;  
2. Fujian Agricultrure and Forestry University, College of Computer and Information, Fuzhou 350002, China )

**Abstract:** According to statistical data of extraordinarily serious traffic accident happened between 1996 and 2011 from the national bureau of statistics of China, we use Matlab to make dynamic distribution fitting on the four indicators of traffic accidents, and establish the grey topology prediction model to predict the next five years of extraordinarily serious traffic accident happened in China. The results show that the grey topology prediction model accuracy reaches level 1 standard. Therefore, the model to forecast the extraordinarily serious traffic accident is more reliable.

**Key words:** dynamic distribution curve fitting; cubic spline interpolation; extraordinarily serious traffic accident; gray topological prediction

我国自“十一五”(2006—2010 年)以来,全国道路交通事故死亡人数年均 7.6 万人, 占有所有安全生产事故死亡总数的 80% 以上, 已经成为我国人群伤害第一死因; 因此, 预测交通事故对制定交通安全目标, 提高交通安全水平具有重要作用. 道路交通事故的形成具有很大的随机性、模糊性和偶然性, 因此可将交通事故系统视为一个灰色系统来进行研究. 目前, 很多文献<sup>[1-5]</sup>都是采用基本灰色预测模型 GM(1,1)、残差灰色预测模型及灰色马尔可夫模型等对交通事故的各项指标进行预

测. 本文根据国家统计局发布的 1996—2012 年特大交通事故的统计资料, 在分析我国特大交通事故发展趋势的基础上, 利用 Matlab 软件进行事故动态分布拟合, 并建立灰色拓扑预测模型, 进而对未来 5 年的交通事故进行了预测.

### 1 数据来源

表 1 数据来自中国国家统计局的《中国统计年鉴》<sup>[6]</sup>, 其中因 2005 年统计年鉴未对 2004 年交通事故进行分类, 故表 1 中缺少了 2004 年的特大

交通事故数据资料.

表 1 1996—2011 年我国特大交通事故数据

年份	发生数/ 起	死亡人数/ 人	受伤人数/ 人	损失折款/ 万元
1996	2 813	7 226	8 536	20 917.9
1997	2 865	6 956	8 084	23 682.2
1998	2 770	7 221	7 995	20 456.1
1999	2 878	7 265	8 020	21 090.5
2000	3 014	7 421	8 445	23 825.3
2001	3 495	7 467	9 399	25 538.7
2002	4 022	8 217	10 374	33 525.7
2003	3 927	7 720	8 167	33 922
2005	1 924	7 639	5 627	7 811.9
2006	1 671	6 611	5 024	6 689
2007	1 469	5 713	4 508	5 441
2008	1 290	5 222	3 359	4 083
2009	1 276	5 058	3 530	4 604.4
2010	1 244	5 061	3 636	5 484.5
2011	1 201	5 047	4 198	8 025

2 特大交通事故各项指标动态分布拟合曲线

通过观察我国特大交通事故各指标的散点图,不难发现其波动性特征比较明显,因此可借助 Matlab 拟合工具箱中 sum of sin functions<sup>[7]</sup>对各指标进行分布拟合(见图 1—图 4),并求出发生数( $y_1$ )、受伤人数( $y_2$ )、死亡人数( $y_3$ )、损失折款( $y_4$ )4 项指标的如下曲线函数:

图 1 的曲线函数为  $y_1=3\,363\sin(0.126\,1x+164.2)+723.9\sin(0.753\,8x-672.1)+254\times\sin(1.38x-1\,085)$ ,  $x=1996,1997,\cdots$ , 曲线拟合度为  $R^2=0.996\,5$ .

图 2 的曲线函数为  $y_2=9\,136\sin(0.090\,28x+236)+1\,373\sin(0.683\,9x-531.9)+597.8\times\sin(1.33x-984.2)$ ,  $x=1996,1997,\cdots$ , 曲线拟合度为  $R^2=0.985\,8$ .

图 3 的曲线函数为  $y_3=7\,229\sin(0.062\,57x+297.6)-742.8\sin(0.579\,8x-327.4)$ ,  $x=1996,1997,\cdots$ , 曲线拟合度为  $R^2=0.961\,3$ .

图 4 的曲线函数为  $y_4=41\,520\sin(0.015\,66x+383.7)+7\,499\sin(0.952\,9x-229.3)+16\,880\times\sin(0.328\,1x+180.9)+2\,146\sin(1.668x+14.53)$ ,  $x=1996,1997,\cdots$ , 曲线拟合度为  $R^2=0.981\,4$ .

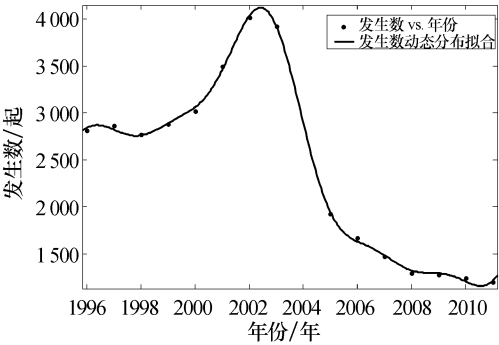


图 1 我国特大交通事故发生数  $y_1$  对年份  $x$  的动态分布拟合曲线

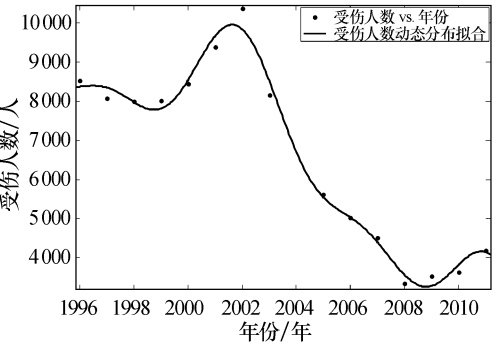


图 2 我国特大交通事故受伤人数  $y_2$  对年份  $x$  的动态分布拟合曲线

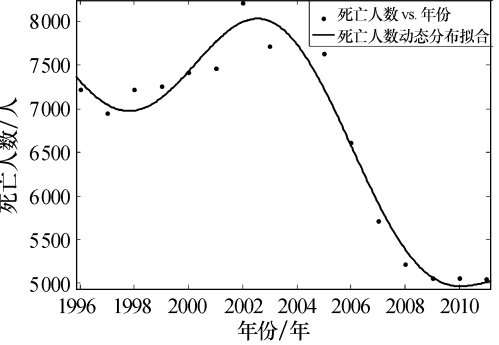


图 3 我国特大交通事故死亡人数  $y_3$  对年份  $x$  的动态分布拟合曲线

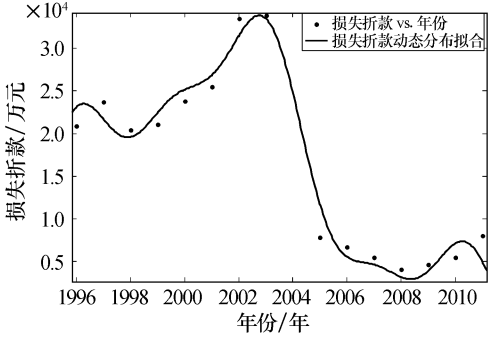


图 4 我国特大交通事故损失折款  $y_4$  对年份  $x$  的动态分布拟合曲线

从以上 4 个拟合曲线图可以看出,我国特大交通事故的 4 项指标在 2002—2003 年之前均呈现出波动上升趋势,在 2002—2003 年达到峰值,之后开始大幅下降,而在 2008 年之后虽有小幅上升,但总体上趋于平缓.这说明由于我国政府对特大交通事故制定了长期有效的管理机制,使得 2003 年之后的交通状况有了明显的好转.

3 灰色拓扑预测模型

3.1 灰色拓扑预测原理

灰色拓扑预测是在 GM(1,1)基础上,对非单调的图形(序列)进行预测.其原理是采用水平线及斜直线等单调曲线作阀线与整个图形构造交点序列,然后建模预测,最后将各阀线的预测值按次序连接成图,即灰色拓扑预测图<sup>[8]</sup>.具体做法如下:

- 1) 根据原始数据序列  $x^{(0)}(t)$ ,利用 Matlab 拟合工具箱三次样条插值绘制曲线<sup>[7]</sup>,然后在曲线上人为给出一系列阀线  $L_{ok}(k=1,2,\cdots,n)$ .
- 2) 得到交点横坐标序列  $X_k=\{x_1,x_2,\cdots,x_{s_i}\}$ ,其中  $s_i$  为曲线与阀线  $L_{ok}$  的交点个数.
- 3) 对序列  $\{x_1,x_2,\cdots,x_{s_i}\}$  建立 GM(1,1) 模型,并检验模型精度(模型精度评价标准见表 2)及预测.
- 4) 列出各预测点,然后利用 Matlab 软件求出所要预测年份的各指标值.

表 2 灰色预测模型精度评价标准

预测精度等级	$p$	$c$
1 级(好)	$\geq 0.95$	$\leq 0.35$
2 级(较好)	$\geq 0.8$	$\leq 0.5$
3 级(合格)	$\geq 0.7$	$\leq 0.65$
4 级(不合格)	$< 0.7$	$> 0.65$

3.2 模型的建立

以特大交通事故死亡人数指标为例,首先借助 Matlab 拟合工具箱对表 1 中的原始数据进行三次样条插值,得到原始数据拟合曲线图(见图 5).为了确保阀线覆盖整个曲线图,阀线分别取  $y_1=7421$ ,  $y_2=-352.22t+10\,000$ ,  $y_3=-352.22t+10\,300$ ,  $y_4=-352.22t+9\,700$ ,  $y_5=41.89t+7\,160$ .然后求出各阀线与图中曲线交点横坐标序列  $X_k$ :  $X_1=\{4,4.8924,9.2651\}$ ,  $X_2=\{5.641,10.19,14.03\}$ ,  $X_3=\{5.959,6.611,7.574,9.796,14.91\}$ ,  $X_4=\{5.397,10.7,13.21\}$ ,  $X_5=\{0.08086,3.192,9.14\}$ .

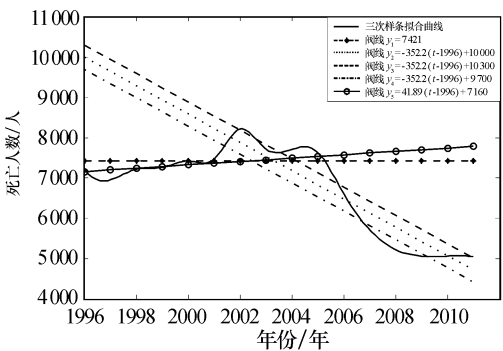


图 5 我国特大交通事故死亡人数三次样条插值图及阀线

利用 Matlab 软件并结合 GM(1,1) 建模方法进行编程,得到以上各阀线的模型及精度检验值(见表 3).从表 3 可看出,运用灰色拓扑预测模型对特大交通事故进行预测都达到了 1 级标准,因此采用灰色拓扑预测模型来预测特大交通事故是可行的.同理,可确定特大交通事故的发生数、死亡人数和损失折款的三次样条拟合曲线与其阀线的交点横坐标,建立相对应的预测模型并进行精度检验,其结果见表 4、表 5 和表 6.基于以上 4 项指标的预测模型,可预测 2012—2016 年中国特大交通事故的发生情况,其分析结果见表 7.

表 3 死亡人数预测模型及精度检验

阀线	预测模型	$c$	$p$	等级
$y_1 = 7\,421$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 5.473\,85\,e^{0.617\,7\,k} - 1.473\,85$	0.105 6	1	1 级
$y_2 = -352.22t + 10\,000$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 27.040\,24\,e^{0.317\,1\,k} - 21.399\,24$	0.021	1	1 级
$y_3 = -352.22t + 10\,300$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 16.416\,58\,e^{0.299\,4\,k} - 10.457\,58$	0.181 6	1	1 级
$y_4 = -352.22t + 9\,700$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 45.604\,62\,e^{0.21\,k} - 40.207\,62$	0.008 2	1	1 级
$y_5 = 41.89t + 7\,160$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 1.713\,04\,e^{0.964\,6\,k} - 1.632\,18$	0.21	1	1 级

表 4 发生数预测模型及精度检验

阀线	预测模型	$c$	$p$	等级
$y_1 = 2\,800$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 1.022\,54\,e^{1.082\,91\,k} + 0.505\,86$	0.329 8	1	1 级
$y_2 = -126.92t + 2\,935$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 36.059\,51\,e^{0.247\,61\,k} - 35.688\,21$	0.007	1	1 级
$y_3 = -126.92t + 2\,950$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 24.165\,28\,e^{0.326\,9\,k} - 23.708\,78$	0.013 6	1	1 级
$y_4 = -126.92t + 2\,900$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 50.727\,65\,e^{0.189\,5\,k} - 50.482\,85$	0.003 8	1	1 级
$y_5 = -112.07t + 2\,813$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 19.502\,18\,e^{0.389\,1\,k} - 19.502\,18$	0.019 9	1	1 级

表 5 受伤人数预测模型及精度检验

阀线	预测模型	$c$	$p$	等级
$y_1 = -431.42t + 9\,300$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 50.257\,15\,e^{0.195\,5\,k} - 47.273\,15$	0.005 2	1	1 级
$y_2 = -431.42t + 9\,200$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 61.085\,63\,e^{0.166\,3\,k} - 58.288\,63$	0.003 6	1	1 级
$y_3 = -686.222t + 12\,000$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 60.263\,22\,e^{0.168\,1\,k} - 57.462\,22$	0.003 7	1	1 级
$y_4 = 138.5t + 1\,700$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 162.932\,98\,e^{0.076\,1\,k} - 150.932\,98$	0.004 2	1	1 级

表 6 损失折款预测模型及精度检验

阀线	预测模型	$c$	$p$	等级
$y_1 = 6\,500$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 37.268\,96\,e^{0.218\,k} - 27.905\,96$	0.295 2	1	1 级
$y_2 = 22\,900$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 1.154\,76\,e^{0.797\,5\,k} - 0.890\,66$	0.142 2	1	1 级
$y_3 = 23\,700$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 1.266\,e^{0.792\,2\,k} - 0.817\,6$	0.139 8	1	1 级
$y_4 = 150t + 5\,000$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 34.289\,14\,e^{0.232\,k} - 24.824\,14$	0.298 6	1	1 级
$y_5 = -418.3t + 10\,400$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 50.431\,5\,e^{0.169\,9\,k} - 41.056\,5$	0.132 7	1	1 级
$y_6 = -418.3t + 10\,380$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 46.485\,9\,e^{0.207\,8\,k} - 37.053\,9$	0.016 5	1	1 级

表 7 2012—2016 年中国特大交通事故发生的 4 项指标预测值

	各年份预测值				
	2012	2013	2014	2015	2016
发生数 / 起	886	1 757	692	533	547
死亡人数 / 人	7 218	3 882	3 747	3 480	2 657
受伤人数 / 人	2 306	4 055	2 114	3 534	3 025
损失折款 / 万元	3 694.7	14 496	7 265	2 445.2	2 014.3

4 结论

本文对特大交通事故发生情况的 4 项指标进行动态分布拟合,且根据其数据特点选取特殊阀线,建立了灰色拓扑预测模型,并对特大交通事故未来 5 年发生情况进行了预测,结果显示模型精度都达到了 1 级标准.由于交通事故发生的随机性和不确定性,在预测时尽可能综合运用多种预测方法,以便提高交通事故预测的可靠性.

参考文献:

[1] 伍雄斌. 残差灰色预测模型在交通事故预测中的应用[J]. 交通科技与经济, 2009, 11(1): 33-34.

[2] 李刚,黄同愿,闫河,等. 公路交通事故预测的灰色残差模型[J]. 交通运输工程学报, 2009, 9(5): 88-93.

[3] 许海华,吴云溪. 灰色马尔可夫模型在交通事故预测中的应用[J]. 交通科技与经济, 2011, 13(4): 83-85.

[4] 王彦军,孙有信. 基于 GM(1,1)模型的道路交通事故预测[J]. 交通科技与经济, 2007, 9(5): 97-98.

[5] 邱仁义,刘竑冶. 交通事故预测的灰色 GM(1,1)模型[J]. 公路与汽运, 2008(4): 63-65.

[6] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[DB/OL]. (2012-12-10) [2013-02-06]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2012/indexch.htm>.

[7] 张志涌. 精通 MATLAB6. 5[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003.

[8] 邓聚龙. 灰预测与灰决策[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2002: 45-114.