

新亚欧大陆桥新疆段环境灾害的灰色拓扑预测

杨思全, 陈亚宁(中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘要: 基于灰色系统理论中拓扑预测的理论方法, 对新亚欧大陆桥新疆段环境灾害造成的受损长度进行了分析预测. 在对受损长度时序分布特征分析的基础上, 给定一组阈值 ξ_i , 并按不同的时间序列分别建立 GM(1,1) 模型而得到模型群. 然后应用新亚欧大陆桥新疆段 38 年(1959~1997 年)的受损长度统计资料, 对所建模型群进行了检验, 并用此模型群对未来可能出现一定阈值范围内受损长度的年份进行了预测. 经检验, 该模型群的原点误差范围为 0.090~6.520, 精度范围为 72.658~97.134. 结果表明, 所建模型群精确度高, 科学性较强, 具有比较好的实用性.

关键词: 新亚欧大陆桥; 新疆段; 环境灾害; 灰色理论; 拓扑预测

中图分类号: X43 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2000)04-0021-04

Topological Forecast of Environmental Hazards in Xinjiang Line of New Eurasian Continental Bridge

Yang Siqun, Chen Yaning(Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Wuerqi 830011, China)

Abstract: In this paper, taking Xinjiang Line of New Eurasian Continental Bridge as an object, the damaged length caused by environmental hazards in Xinjiang Line was analyzed and forecasted by using topological forecasting method of Grey Theory. On the basis of analyzing characteristics of time-series distribution of length damaged, author determined a group of threshold values, and established GM(1,1) model in groups according to the time-series. Then, GM(1,1) model in groups were examined on the basis of statistical data, and the time in which damaged length emerges in future was forecasted by using GM(1,1) model. After examination, the error range of original point and GM(1,1) model in groups were obtained, which are 0.090~6.520, 72.658~97.134. Result showed that GM(1,1) model in-groups established in this paper is accurate, scientific and practical.

Keywords: New Eurasian Continental Bridge; Xinjiang line; environmental damage, grey theory; topological forecast

新亚欧大陆桥(以下简称陆桥), 东起我国连云港, 西至荷兰鹿特丹港, 全长 10837km, 把太平洋和大西洋连接起来, 是亚洲、欧洲经济的桥梁和沿桥国家经济合作的纽带.

陆桥沿线在新疆所经地段绿洲连片、人口密集, 是新疆主要工业带和农业区, 农业资源开发利用强度大, 经济发展速度快, 大片荒漠区逐渐由农田、林带、道路、居民点、渠系等组成的绿洲生态系统所代替, 绿洲环境得到不同程度的改善, 并继续向良性循环方向发展. 然而, 绿洲-荒漠交错的生态脆弱带及绿洲外的环境急剧恶化, 环境灾害问题日趋突出.

本文在对陆桥新疆段环境灾害全面、系统、深入调查的基础上, 基于灰色系统理论方法^[1~4], 结合陆桥新疆段 38 年(1959~1997 年)的统计资料, 应用灰色拓扑方法^[5,6]对陆桥新疆段铁路受损长度进行了分析预测, 以期改善陆桥新疆段铁路沿线生态系统的内部环境质量, 为有效地预测灾害、防灾和减灾, 提供科学依据.

基金项目: 新疆重点科研项目, 并中国科学院“西部之光”资助项目.

作者简介: 杨思全(1974~), 男, 甘肃宁县人, 硕士研究生, 环境灾害专业, 主要从事灾害系统的数学分析和计算机建模.

收稿日期: 1999-09-07

1 灰色拓扑预测原理

灰色系统的研究任务包括本征灰系统的分析、建模、决策和控制。其中灰色预测包括数列预测、灾变预测、季节预测、拓扑预测和系统预测^[7]。

拓扑预测是在 $x^0(k)$ 的曲线上, 取定一组定值 ξ_i (一系列阈值) ($i = 1, 2, 3, \dots, m$), 然后按灾变预测的方法预测每一个阈值 ξ_i 对应的未来时刻, 将未来所有的 ξ_i 按时间顺序连成曲线, 便可得到未来时刻的某种预测波形。所以说, 拓扑预测是 GM(1.1) 模型群的预测, 是变化波形的预测, 其实是从现有波形来预测未来发展变化的波形。

拓扑预测的步骤如下^[8]:

(1) 根据原始数据列 $x^0(k)$, 以时间为横坐标, 数据为纵坐标, 在二维平面上作 $(k, x^0(k))$ 曲线。

(2) 给定一组阈值 ξ_i 。

(3) 根据上述阈值, 作平行于时间轴的直线, 取直线与曲线的交点值得出不同的时间序列, 并建立与不同时间序列相对应的 GM(1.1) 模型群。GM(1.1) 模型灰色预测的具体计算公

式为:

$$x^{(1)}(k+1) = [x^0(1) - b/a]e^{-ak} + b/a$$

式中, a, b 为参数。

(4) 检验模型群。

(5) 利用所建模型群进行预测, 并作出预测曲线。

2 实例分析

以陆桥新疆段环境灾害为例, 采用灰色拓扑预测的方法, 对该段铁路受损长度进行分析预测。

2.1 受损长度的时序分布

根据统计资料, 陆桥新疆段铁路受损长度时序分布如图 1 所示。

图 1 表明, 陆桥新疆段 38 年(1959~1997 年)间环境灾害造成的铁路受损总长度为 4620.8561 km, 受损频率达 121.6015 km/a, 而且受损长度的时间分布极不均匀, 最长可达 914.852 km (1979 年), 而最短只有 0.5 km (1972 年)。可见, 陆桥新疆段 38 年(1959~1997 年)间环境灾害造成的铁路受损长度具有长度长、变幅大、时间分布不均匀等特点, 这正是灾害突发性、随机性和不可确定性的具体体现。

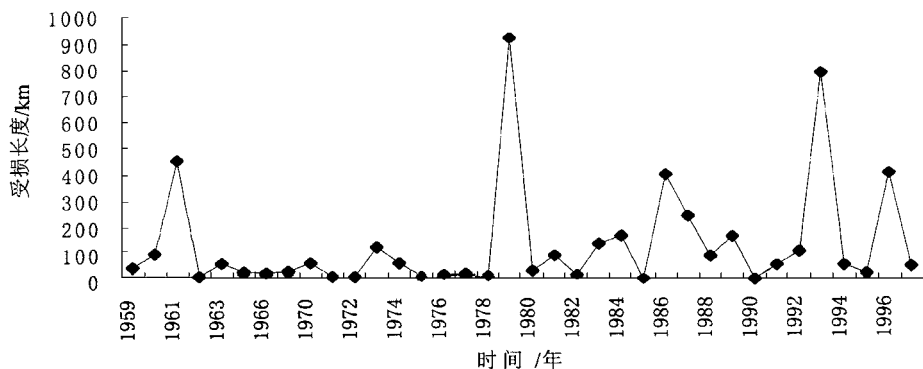


图 1 陆桥新疆段受损长度时序分布曲线

Fig. 1 Curve of time-series distribution of damaged length in Xinjiang Line

2.2 受损长度的拓扑预测

基于陆桥新疆段 38 年(1959~1997 年)间环境灾害造成的铁路受损长度具有变化幅度大、波形起伏大和不规则等特点, 因而采用灰色

拓扑方法对其进行预测分析。首先取阈值, 求时间序列。

在图 1 中, 设取下述 8 个阈值:

$$\xi_1 = 25 \text{ km} \quad \xi_2 = 100 \text{ km} \quad \xi_3 = 200 \text{ km}$$

$\xi_4=300\text{km}$ $\xi_5=400\text{km}$ $\xi_6=500\text{km}$
 $\xi_7=600\text{km}$ $\xi_8=700\text{km}$

分别求得各阈值的水平线与图 1 曲线交点的横坐标集合 $t_{\xi_i}^0$, 即:

$t_{\xi_1}^0(k)=(0.60, 3.97, 4.50, 6.10, 10.50, 12.50, 14.25, 16.40, 20.10, 23.87, 24.15, 26.80, 27.13, 31.82, 32.50, 37)$
 $t_{\xi_2}^0(k)=(2.01, 3.80, 14.85, 15.15, 20.15, 21.98, 24.65, 26.50, 27.25, 29.89, 30.11, 31.40, 34, 35.80, 37.25, 38.70)$
 $t_{\xi_3}^0(k)=(2.25, 3.60, 20.20, 21.75, 27.50, 29.30, 34.10, 35.70, 37.40, 38.60)$
 $t_{\xi_4}^0(k)=(2.50, 3.30, 20.25, 21.60, 27.75, 28.50, 34.30, 35.61, 37.65, 38.30)$
 $t_{\xi_5}^0(k)=(2.80, 3.15, 20.30, 21.50, 27.80, 28.70, 34.35, 35.50, 38)$
 $t_{\xi_6}^0(k)=(20.50, 21.56, 34.45, 35.30)$
 $t_{\xi_7}^0(k)=(20.70, 21.85, 34.51, 35.60)$
 $t_{\xi_8}^0(k)=(20.78, 21.50, 35, 35.30)$

以上述 8 组数据作为预测中的原始数列, 求模型参数, 分别建立 GM (1.1) 模型群, 其结果见表 1 所示.

表 1 不同阈值所对应的模型及参数

Tab. 1 Parameter and model of different threshold values				
受灾长度/km	预测模型数		预测模型	
	a	b		
25	- 0.1155	7.6389	$x^0(k+1)=66.7377e^{0.1155k}-66.1377$	
100	- 0.0729	14.4124	$x^0(k+1)=199.6845e^{0.0729k}-197.674$	
200	- 0.1217	15.321	$x^0(k+1)=128.139e^{0.1217k}-125.889$	
300	- 0.1221	15.1693	$x^0(k+1)=126.737e^{0.1221k}-124.2371$	
400	- 0.1459	13.7624	$x^0(k+1)=97.1275e^{0.1459k}-94.3275$	
500	- 0.2108	17.4741	$x^0(k+1)=103.3945e^{0.2108k}-82.8945$	
600	- 0.2096	17.5938	$x^0(k+1)=104.6398e^{0.2096k}-83.9398$	
700	- 0.2003	18.1325	$x^0(k+1)=111.3067e^{0.2003k}-90.5267$	

为确定所建模型的精确度和实用性, 将统计数据代入表 1 所列模型群, 对所建 GM (1.1) 模型群按下式进行模型精度检验. 模型精度=100%- 平均相对误差, 检验结果如表 2 所示.

表 2 拓扑预测模型精度检验结果

Tab. 2 Results in the examination of precision of GM (1.1) models

阈值 ξ_i /km	预测模型	原点误差/%	模型精度/%
25	$x^0(k+1)=66.7377e^{0.1155k}-66.1377$	6.520	72.658
100	$x^0(k+1)=199.6845e^{0.0729k}-197.674$	1.251	88.476
200	$x^0(k+1)=128.139e^{0.1217k}-125.889$	2.700	89.272
300	$x^0(k+1)=126.737e^{0.1221k}-124.2371$	2.530	89.374
400	$x^0(k+1)=97.1275e^{0.1459k}-94.3275$	2.659	91.028
500	$x^0(k+1)=103.3945e^{0.2108k}-82.8945$	0.090	97.050
600	$x^0(k+1)=104.6398e^{0.2096k}-83.9398$	0.390	97.134
700	$x^0(k+1)=111.3067e^{0.2003k}-90.5267$	0.098	96.742

从表 2 显示, 建立的 GM (1.1) 模型群原点误差小、精度高, 这表明应用该模型进行环境灾害造成的铁路受损长度的分析预测, 具有科学性、实用价值高等特点. 最后利用模型群进行预测, 得到各阈值所对应的受损长度未来可能发生的预测时间, 其结果见表 3 所示.

表 3 各阈值所对应受损长度的未来时间

Table 3 Time of damaged length occurred in the future of different threshold values

阈值 ξ_i /km	未来出现年份
25	46.205(2004 年), 51.8623(2009 年), 58.2121(2016 年), 73.338(2031 年), 92.3967(2050 年), 103.2093(2061 年), 130.6590(2089 年), 146.6563(2106 年), 164.6119(2123 年), 184.7662(2143 年), 207.3879(2166 年)
100	48.4942(2006 年), 52.1621(2010 年), 60.3509(2018 年), 64.9154(2022 年), 86.8972(2044 年), 93.4649(2051 年), 100.4674(2059 年), 108.2147(2067 年), 116.3224(2075 年), 125.1204(2093 年), 144.7627(2103 年), 155.7117(2114 年), 167.4885(2126 年)
200	91.1208(2049 年), 102.9132(2060 年), 148.2628(2106 年)
300	90.9464(2048 年), 102.7574(2060 年)
400	87.8701(2045 年), 101.6677(2059 年), 136.1188(2094 年), 157.5003(2115 年)
500	106.1186(2064 年), 161.767(2119 年)
600	105.8261(2063 年), 130.5035(2088 年), 160.9348(2118 年), 198.4624(2156 年)
700	44.909(2002 年), 67.2(2025 年), 100.3107(2058 年), 122.5564(2080 年), 149.9298(2107 年), 1824.9424(2140 年)

根据表 3 数据, 以预测时间为横坐标, 阈值为纵坐标做出陆桥新疆段铁路受损长度未来发生的预测曲线(见图 2).

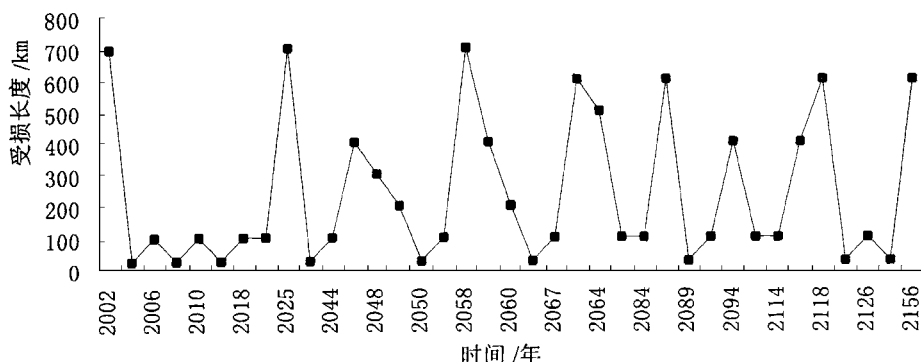


图2 陆桥新疆段各阈值未来发生的时间预测曲线

Fig. 2 Time curve of damaged length occurred in the future in Xinjiang Line

3 结语

(1) 作为灰色预测的一种, 拓扑预测弥补了呈简单指数形成 GM(1,1) 模型的不足之处, 它能较好的反映出变化幅度大、呈波形起伏的不规则情况^[9]。因而, 灰色拓扑预测的实质是从现有波形来预测未来发展变化的波形。文中求得模型群的原点误差范围为 0.090~6.520, 精度范围为 72.658~97.134, 这表明在环境灾害研究中, 拓扑预测方法值得借鉴。

(2) 由于原始数据 $x^0(k)$ 只包含了已有各种因素对系统的影响, 不可能包括未来各时刻环境对系统的干扰, 以及未来出现的系统内机制与结构变化所带来的影响。所以, 在做数据预测时要充分考虑到这一点。拓扑预测不同于一般外推预测方法, 它是通过对原始数据进行累加生成^[10], 用生成模块来建模, 而不是直接用原始数据建模, 这在一定程度上把噪音或干扰滤去或弱化。因此, 与其它预测方法相比, 灰色拓扑预测比较切合实际^[11,12]。

(3) 分析图 2 可知, 在所预测的年份里, 阈值越高, 同一阈值所对应的受损长度出现的时间间隔越小; 相反, 阈值越低, 同一阈值所对应的受损长度出现的时间间隔越大。这说明如果陆桥新疆段铁路沿线生态环境的现状得不到改善, 随着时间的推移和经济的发展, 该段铁路沿

线环境灾害发生频次将越来越高、灾害程度将越来越重。因此, 在努力提高人们环保意识的同时, 要采取切实可行的措施, 改善陆桥新疆段铁路沿线的环境质量, 保护生态环境, 力求铁路沿线的生态环境与地区经济得到同步发展。

参考文献:

- 1 邓聚龙. 灰色系统基本方法. 武汉: 华中理工大学出版社, 1987. 1~20.
- 2 曹军, 胡万义. 灰色系统理论与方法. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993. 32~58.
- 3 李祚泳. 灰色系统理论和应用的最新进展. 大自然探索, 1992, (1): 77~81.
- 4 邓聚龙. 灰色系统理论的 GM 模型. 模糊数学, 1985, (2): 23~32.
- 5 冯强, 王昂生, 李吉顺. 灰色拓扑预测理论在暴雨洪涝灾害预测中的应用. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 98~103.
- 6 Kong Fanling. The Forecast of the Epidemic Situation in the Systems Science and Applications. 1996, Special Issue, 45~50.
- 7 邓聚龙. 五种灰色预测. 模糊数学, 1985, (2): 33~41.
- 8 邓聚龙. 灰色控制系统. 武昌: 华中工学院出版社, 1985. 309~317.
- 9 陈庆吉, 王殿选. GM(1,1) 模型的动态特性分析. 系统工程理论与实践, 1997, 17(12): 129~133.
- 10 陈俊珍. 关于灰色系统理论中的累加生成. 系统工程理论与实践, 1989, 9(5): 10~15.
- 11 冯利华. 灰色预测模型的问题讨论. 系统工程理论与实践, 1997, 17(2): 125~127.
- 12 何章, 王宇平. 关于灰色预测的几个问题. 预测, 1992, (2): 54~63.