# 工程机械销售量的灰色优化预测模型研究

长沙交通学院汽车与机电工程系　涂志祥　王明松　李岳林　罗云飞

**摘　要**：结合工程机械年销售量的实例，并对传统的 G（1，1）模型的建立过程进行了分析，指出了其存在的缺陷，同时给出了 1 种改进办法，提出了基于系统几种误差最小评价准则的 G（1，1）优化模型，通过实例比较论证，改进的优化预测模型有更好的适应性和更高的精度。

**关键词**：工程机械；销售量；灰色预测；优化模型

**Abstract**: Analysis of traditional construction machinery sales predicting model G（1，1）is conducted and optimal models based on different optimal criteria are built. Examples are given to show that these optimal models are more suitable and accurate.

**Keywords**: construction machinery; sales; gray prediction; optimal model

近几年来，随着国家对基础设施的大力投入，市场对工程机械的需求越来越大，怎样科学的预测未来市场的需求是各个生产厂家所面临的问题，因为对市场科学的预测是生产厂家制定生产计划的最主要理论依据。我们可以在工程机械年销售量统计的基础上进行科学的预测。工程机械的年销售量往往没有明显的规律，是随机变化的。对随机变量、随机过程，人们往往用概率统计方法进行研究。但是统计的方法要求有大量的数据，只便于处理统计规律较典型的概率分布，并且预测精度不高。而灰色理论是将一切随机量看作是一定范围内变化的灰色量，将随机过程看作是在一定范围变化的并与时间有关的灰色过程。对灰色量的处理不是找概率分布、求统计规律，而是用数据处理的方法来找数据间的规律，企图从杂乱无章的现象中去发现事物的内在规律。

本文在灰色理论和预测方法的基础上，建立了工程机械年销售量的 GM（1，1）预测模型，并对传统预测模型进行了改进和优化，提出了基于几种误差最小的评价准则 GM（1，1）优化模型，使其预测精度进一步提高。

## 1　传统的 GM（1，1）模型的建立

为了从杂乱无章的数据中发现内在规律，常把离散的原始数据进行累加生成处理，是灰色过程的一种白化处理。因为从累加生成可以看出某灰量累积过程的发展态势，可以对离乱的原始数据积分特性蕴含的内在规律加以显化。

设 $x^{(0)}$ 为原始的离散数据列，即

$$x^{(0)}=[x^{(0)}(1),x^{(0)}(2),\cdots\cdots,x^{(0)}(n)],$$

并且满足 $x^{(0)}(k)\geqslant 0$，$k=1$，$2\cdots$，$n$。

对 $x^{(0)}$ 做 1 次累加生成，生成 $x^{(0)}$ 的 1 次累加系列，记为 $x^{(1)}$。即

$$x^{(1)}=[x^{(1)}(1),x^{(1)}(2),\cdots\cdots,x^{(1)}(n)]$$ 其中

$$x^{(1)}(k)=\sum_{m=1}^{k}x^{(0)}(m),k=1,2,\cdots,n$$

则其相应的微分模型为

$\dfrac{dx^{(1)}}{dt}+ax^{(1)}=b$，其中 $a$，$b$ 为待辨识参数，记待辨识参数列 $\hat{a}=(a,b)^{T}$

---

在制造平面齿双曲线锥齿轮系统时，平面齿角 $\beta$ 应与双曲面的角 $\Psi_1$ 相等，以减少滑动及摩擦损耗。

凸—平轮齿系统可以如摆线齿轮那样结合，即部分齿可以延伸到双曲面界面以外，而部分齿面也可以延伸到双曲面节面以内。

**参　考　文　献**

1　濮良贵．机械设计．北京：高等教育出版社，1994
2　焦作矿业学院等编．煤矿机械传动设计．北京：煤炭工业出版社，1979

作　　者：王志伟
地　　址：河南新乡河南机电高等专科学校机电系机械设计教研室
邮　　编：453002

GM（1，1）模型对应的灰微分方程是

$x^{(0)}(k)+ax^{(1)}(k)=b$ 其中背景值 $x^{(1)}(k)$ 为灰数，且 $x^{(1)}(k)=[x^{(1)}(k-1),x^{(1)}(k)]$。可知灰导数与背景值中的元素 $x^{(1)}(k-1)$ 和 $x^{(1)}(k)$ 不满足平射关系，背景值的白化值无论取 $x^{(1)}(k-1)$ 或 $x^{(1)}(k)$ 都不合适。传统的方法是采用均值生成，即取背景值的白化值为 $x^{(1)}(k-1)$ 与 $x^{(1)}(k)$ 的均值，记背景值的白化值为 $z^{(1)}(k)$，即

$$z^{(1)}(k)=0.5x^{(1)}(k-1)+0.5x^{(1)}(k)$$

则 $z^{(1)}(k)$ 与导数成分 $x^{(1)}(k-1)$、$x^{(1)}(k)$ 具有平射关系，而背景值到导数只有半平射关系，根据灰微分方程的定义，方程 $x^{(0)}(k)+az^{(1)}(k)=b$ 满足灰微分方程的条件是灰微分方程。

按最小二乘法可以求得参数

$$\hat{a}=(a,b)^{\mathrm{T}}=(B^{\mathrm{T}}B)^{-1}B^{\mathrm{T}}Y_N$$

$$\text{其中}B=\begin{bmatrix}-z^{(1)}(2) & 1\\ -z^{(1)}(3) & 1\\ \cdots & \cdots\\ -z^{(1)}(n) & 1\end{bmatrix}$$

$$Y_{\mathrm{N}}=\begin{bmatrix}x^{(0)}(2)\\ x^{(0)}(3)\\ \cdots\cdots\\ x^{(0)}(n)\end{bmatrix}$$

将已知参数代入即可求出待辨识参数，预测模型即可确定。方程的相应离散响应式为

$$\hat{x}^{(1)}(k+1)=\left(x^{(0)}(1)-\frac{b}{a}\right)\mathrm{e}^{-ak}+\frac{b}{a}\qquad(1)$$

## 2 GM(1,1)模型在不同评价准则下的优化

从上述建模过程可以看出，系列 $x^{(1)}$ 在 $k$ 点的灰导数是用差分的形式处理的，即

$$\frac{\mathrm{d}x^{(1)}}{\mathrm{d}t}\Big|_{t=k}=x^{(1)}(k)-x^{(1)}(k-1)=x^{(0)}(k)$$

在求灰导数的背景值时采用均值生成 $z^{(1)}(k)=0.5x^{(1)}(k-1)+0.5x^{(1)}(k)$ 来代替，其实由上式知道其相应的背景值应该是

$$z^{(1)}(k)=\alpha x^{(1)}(k-1)+(1-\alpha)x^{(1)}(k)$$

其中 $\alpha$ 为待求参数。而用 $0.5x^{(1)}(k-1)+0.5x^{(1)}(k)$ 来代表 $x^{(0)}(k)$ 只是 $\alpha=0.5$ 的一个特例，对于不同的问题都取 $\alpha=0.5$ 显然不是最优的，那么应根据具体的情况确定 $\alpha$ 值。

作者根据问题的本质提出了几个简单有效办法，即分析根据平均相对误差、绝对误差和以及误差平方和来确定 $\alpha$。只要给定 $\alpha$ 的一个参数值，就可用式（1）计算出 $\hat{x}^{(1)}(k+1)$ 的值（$k=1,2,\cdots,n-1$），然后再将 $\hat{x}^{(1)}$ 作累减生成计算出 $x^{(0)}(k+1)$ 的值，即 $x^{(0)}(k+1)=\hat{x}^{(1)}(k+1)-\hat{x}^{(1)}(k)$。然后将 $\hat{x}^{(1)}(k+1)$ 和 $x^{(0)}(k+1)$ 分别代入下列公式（2）、(3)、(4)，即可求出每个准则下系统对应的误差值。

平均相对误差＝

$$\frac{1}{n}\sum_{k=0}^{n-1}\left|\frac{\hat{x}^{(0)}(k+1)-x^{(0)}(k+1)}{x^{(0)}(k+1)}\right|\qquad k=1,2,\cdots\cdots,n-1\qquad(2)$$

$$\text{绝对误差和}=\sum_{k=0}^{n-1}|\hat{x}^{(0)}(k+1)-x^{(0)}(k)|\qquad k=1,2,\cdots\cdots,n-1\qquad(3)$$

$$\text{误差平方和}=\sum_{k=0}^{n-1}(\hat{x}^{(0)}(k+1)-x^{(0)}(k))^2\qquad k=1,2,\cdots\cdots,n-1\qquad(4)$$

从以上的分析可知，$\alpha$ 值与这几个误差评价准则之间是明显的非线形关系，我们的难点就是分别在这些准则下，求出 $\alpha$ 的最佳值，也可同时考虑几个评价准则（如采用分别赋予不同的权重），得到 $\alpha$ 的最佳值。在求最佳值时可以利用一些搜索算法（有约束优化）的思想来实现（如模拟退火算法，遗传算法等），在此将不再详述。

作者是利用 malab 语言计算机编程实现寻找 $\alpha$ 的最优值，只要把 $\alpha$ 的步长取的足够小，就可以无限逼近 $\alpha$ 的最优值。

## 3 算例

据统计我国近几年的几种工程机械年销售量见表 1，建立模型并对 2002 年的销售量进行预测。

则压路机销售量的原始数据为 $x^{(0)}=[3549,3921,4344,5076,5301,5568]$ 按传统的方法（即 $\alpha=0.5$）GM（1，1）预测模型为

$$\hat{x}^{(1)}(k+1)=44949\mathrm{e}^{0.0861k}-41447\qquad(5)$$

按本文改进的灰色 GM（1，1）优化方法，分别以绝对百分误差、绝对误差和为评价准则得到最佳的 $\alpha$ 值均为 0.65，其相应的模型为

$$\hat{x}^{(1)}(k+1)=44996\mathrm{e}^{0.0851k}-41400$$

以误差平方和为评价准则得到的最佳的 $\alpha$ 值为 0.5，其相应的预测模型式（5）。几种以不同的准则预测结果比较见表 2。

**表 1　工程机械销售量**

| | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 压路机 | 3 549 | 3 921 | 4 344 | 5 076 | 5 301 | 5 568 |
| 装载机 | 16 782 | 17 184 | 18 046 | 20 561 | 23 277 | 30 503 |

**表 2　压路机以不同准则的预测结果**

| 年份 | 传统 GM（1，1）模型 | | 平均相对误差为准则的 GM（1，1）模型 | | 以绝对误差为准则的 GM（1，1）模型 | | 以误差平方和为准则的 GM（1，1）模型 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 预测值 | 误差% | 预测值 | 误差% | 预测值 | 误差% | 预测值 | 误差% |
| 1996 | 3 549 | 0 | 3 549 | 0 | 3 549 | 0 | 3 549 | 0 |
| 1997 | 4 045 | 3.1 | 3 990 | 1.77 | 3 990 | 1.77 | 4 045 | 3.1 |
| 1998 | 4 408 | 1.48 | 4 345 | 0.1 | 4 345 | 0.1 | 4 408 | 1.48 |
| 1999 | 4 805 | -5.35 | 4 730 | 6.81 | 4 730 | 6.81 | 4 805 | -5.35 |
| 2000 | 5 237 | 1.22 | 5 150 | 2.95 | 5 150 | 2.95 | 5 237 | 1.22 |
| 2001 | 5 707 | 2.5 | 5 607 | 0.71 | 5 607 | 0.71 | 5 707 | 2.5 |
| 2002 | 6 220 | | 6 105 | | 6 105 | | 6 220 | |

从以上结果可以知道传统的 GM（1，1）预测模型的平均误差为 2.29%，而以平均相对误差和绝对误差和为准则的平均误差只为 2.02%，精度进一步提高。

同理对于装载机的预测结果比较见表 3。

**表 3　装载机以不同准则的预测结果**

| 年份 | 传统 GM（1，1）模型 | | 平均相对误差为准则的 GM（1，1）模型 | | 以绝对误差和为准则的 GM（1，1）模型 | | 以误差平方和为准则的 GM（1，1）模型 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 预测值 | 误差% | 预测值 | 误差% | 预测值 | 误差% | 预测值 | 误差% |
| 1996 | 16 782 | 0 | 16 782 | 0 | 16 782 | 0 | 16 782 | 0 |
| 1997 | 15 563 | -8.85 | 15 861 | -6.77 | 15 861 | -6.77 | 15 717 | -5.54 |
| 1998 | 18 258 | 1.18 | 18 050 | -0.3 | 18 050 | -0.2 | 18 328 | 1.57 |
| 1999 | 21 283 | 3.51 | 21 013 | 2.2 | 21 013 | 2.2 | 21 374 | -3.5 |
| 2000 | 24 808 | 6.58 | 24 462 | 5.09 | 24 462 | 5.09 | 24 925 | 5.18 |
| 2001 | 28 918 | -5.20 | 29 088 | -4.64 | 29 088 | -4.64 | 29 067 | -4.71 |
| 2002 | 33 708 | | 33 153 | | 33 153 | | 33 897 | |

从上面的结果可以看出，传统的 GM（1，1）模型的平均误差为 4.22%，而以平均相对误差、绝对误差和、平方误差和最小为准则的平均误差精度分别为 3.13%、3.13%、3.42%。模型的拟和精度都有很大的提高。

## 4　结束语

（1）本文对传统 GM（1，1）模型的建模过程进行了分析，指出了其存在的缺陷，并对其改进，提出了基于平均相对误差、绝对误差和以及平方误差和最小为准则下的优化模型，从而使预测精度进一步提高。

（2）在基于以上几个准则的优化模型的基础上，建立了工程机械销售量的预测模型，从预测精度来看，改进的模型精度更高。

（3）该优化模型可根据具体问题确定 $\alpha$ 参数值，用于其他方面的预测建模。

（4）如果原始数据列为指数增长形式，改进的

# 模糊 Petri 网在电梯故障诊断中的应用 *

天津大学电气与自动化工程学院 宗 群 王 波 牙淑红

**摘 要**：介绍了基于模糊 Petri 网的知识描述方法及推理算法，并采用模糊 Petri 网作为电梯故障诊断专家系统中的知识表示方法和推理搜索策略，对故障信息的模糊性和不确定性进行表示和处理，实现了知识表示和推理模型的集成和统一，有效的解决了诊断推理过程中知识表示与推理等关键问题。

**关键词**：模糊 Petri 网；故障诊断；产生式规则；电梯

**Abstract**: FPN based knowledge presentation and reasoning methods are described. These methods are aused in elevator fault diagnosis expert system to solve fault information fuzzy and indefinite problems and realize integration of knowledge presentation and reasoning model.

**Keywords**: fuzzh Petri net; diagnosis; cause rule; elevator

## 1 引言

Petri 网是德国 Carl Adam Petri 博士于 1962 年提出的 1 个新的数学理论，它是描述和分析含有并发、异步、分布、不确定性和随机性等的离散事件动态系统的重要工具，已经广泛应用于计算机科学、通信、自动控制、FMS 等领域。Petri 网由于其灵活的图形化表示能力，快速的推理搜索能力等特性在故障诊断领域中得到广泛的应用，取得了一定的成果。Petri 网理论在故障诊断领域中的应用主要分 2 个方面：一是对动态系统进行建模和分析，利用可达树分析、死锁状态判断等方法来定位故障，这是一种前向诊断方法，利用了关于对象的深层知识；另一种是采用 Petri 网作为诊断知识的知识表达方法、维修手段和推理搜索策略，这是 1 种后向诊断方法，利用了关于对象的浅层知识。

本文提出将 Petri 网理论引入电梯的故障诊断。由于电梯系统的复杂性，对电梯进行建模比较困难，因此采用后向诊断方法更适用于电梯的故障诊断，即利用 Petri 网作为诊断知识的知识表达方法和推理策略。由于在实际中，故障信息往往存在一定的不确定性，所以采用模糊 Petri 网表示故障诊断知识，能够处理故障诊断信息的模糊性，使得逻辑推理具有图形直观性，便于在计算机上实现。

优化模型几乎可以完全拟和。

(5) 作者在平时用灰色理论在进行建模的时候，发现其对一些波动很大的数据（如出现很高的峰值）拟利精度不是很高，也就是说灰色建模对原始数据列依赖太强，灰色理论的拟和精度需要进一步提高，理论有待进一步完善。如果把它与其他数学方法（如神经网络、遗传算法等）联合使用，建模精度有望进一步提高。

**参 考 文 献**


1 邓聚龙．灰色预测与决策［M］．武汉：华中理工大学出版社，1986．

2 罗佑新等．灰色系统理论及其在机械工程中的应用．国防科技大学出版社，2001

3 王沫然．MATLAB 5.x 与科学计算．清华大学出版社，2000

4 周维新．交通事故灰色预测模型的研究．西安公路交通大学学报，1999，20（2）

5 邓聚龙．灰色控制系统（第二版）［M］．武汉：华中理工大学出版社，1993

6 王成山，杨军，张崇见．灰色系统理论在城市年用电量预测中的应用—不同预测方法的分析比较．电网技术，1999（2）：15—18


作 者：徐志祥

地 址：湖南长沙市长沙交通学院汽车与机电工程系

邮 编：410076

基金项目：天津市重点科技攻关项目（013107211）