

## 基于改进 GM(1,1)模型的服装配货决策研究

韩曙光<sup>a</sup>, 孙利辉<sup>b</sup>

(浙江理工大学, a. 理学院; b. 服装学院, 杭州 310018)

**摘 要:** 服装产品配货决策影响服装的销售量、企业的服务水平,为制定合理的配货决策,服装企业需建立高精度的预测模型。文章建立了改进 GM(1,1)模型,优化了 GM(1,1)模型的背景值和初始值,并引入已销售产品的影响因子和干扰因子。以某服装品牌的销售数据为出发点,采用改进 GM(1,1)模型对服装品类进行销售预测,预测结果表明:该模型适用于服装销售预测,且准确度较好,可为服装企业的配货决策提供理论依据和技术参考。

**关键词:** 服装销售预测;改进 GM(1,1);配货决策

**中图分类号:** F272.3

**文献标志码:** A

近年来,随着信息技术的发展,服装市场发生了巨大的变化,经历了从总量扩张到结构转型的升级,服装生产方式由大批量、少频次转变为小批量、多频次。服装产品生命周期也变得越来越短,这给企业带来巨大经营风险的同时也带来了机遇。精准的服装销售预测量,有利于企业更快的抢占市场份额,制定出最优的库存管理策略,获得最大化的效益。服装产品的配货决策是企业根据门店的历史销售数据,结合产品的已有信息,制定货品组合策略。根据销售预测结果进行配货决策的制定,不仅可以使门店库存量保持在安全库存范围内,还能提高企业的服务水平。然而,服装产品生命周期短,产品种类繁多,影响服装消费的因素多,使得获取高精度的预测结果较为困难<sup>[1]</sup>。

近年来,为获得高精度的销售预测结果,国内外学者们进行了一系列的研究工作。如高亚爽等<sup>[2]</sup>分析服装销售呈现的季节性、周期性、趋势性和随机性的特点,采用马尔科夫链进行销售预测,为企业制定销售策略提供了理论依据。朱莉思等<sup>[3]</sup>针对制造零售一体化的服装企业,构建了带季节性需求的三次曲线销售预测模型,提出安全库存的应对模型。张细香等<sup>[4]</sup>提出服装季节性需求预测的新模型,根据

销售信息与基因库基因的相识度进行定量预测,并取得了理想效果。GM(1,1)模型在服装预测方面也取得了一定的研究成果,已被许多学者关注。<sup>[5-7]</sup>2012年,Chor 等<sup>[8]</sup>在缺少数据的情况下,对时尚产品颜色趋势进行预测,采用 GM(1,1)模型进行一步预测,然后采用人工神经网络对残差值进行微调,取得了理想的预测结果。2014年,Chor 等<sup>[9]</sup>对 GM-ANN 模型进行改进,提出 3F(fast fashion sales forecasting)模型,该模型针对较少历史数据和限制时间的情形,对服装进行销售预测,并运用实例验证模型的可行性与实用性。Xia 等<sup>[10]</sup>把季节性因子引入到离散型 GM(1,1)模型,建立季节性离散 GM(1,1)模型,克服了时尚销售预测时历史数据较少且带有季节性的困难,并通过实例验证了该模型的可靠性与实用性。

服装产品生命周期短,更新频率快,导致服装销售的历史数据较少。在缺少数据的背景下,进行销售预测,无论是复杂的时间序列预测模型还是现代启发式预测模型都不能使用或不能取得理想的效果。研究发现,在缺少数据时,GM(1,1)模型能通过少量的、不完全的信息,建立数学模型并做出预测。但 GM(1,1)模型的应用有一定的限制,当发展

收稿日期: 2015-06-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(11201428,11471286);浙江省高校重中之重学科开放基金项目(2013KF19)。

作者简介: 韩曙光(1977—),男,博士,副教授,江苏建湖人,主要从事服装供应链管理与优化方面的研究。

系数绝对值取值较大时,GM(1,1)模型的误差较大。为解决这一问题,很多学者在该领域进行了研究,如党耀国等<sup>[11]</sup>用 $x^{(0)}(n)$ 代替 $x^{(0)}(1)$ 对模型进行改进;罗党等<sup>[12]</sup>对背景值进行了优化;尚军亮等<sup>[13]</sup>重构了背景值、优化了初始值,通过实例对比验证了新模型具有较高的实用性和可靠性。

为提高GM(1,1)模型的实用性,提高预测的准确性,本文优化了GM(1,1)模型的初始值及背景值,并引入已销售产品的影响因子、销售过程的干扰因子,建立了改进GM(1,1)模型。同时,为了说明模型的可行性与准确性,采用杭州某品牌某门店的销售数据进行算例验证。

## 一、GM(1,1)模型

GM(1,1)模型指的是一阶方程和一个变量的灰色模型。假设原始数据为 $X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$ ,  $x^{(0)}(i) > 0, i = 1, 2, \dots, n$ 。采用GM(1,1)模型进行预测前,需要对原始数据进行级比检验 $\sigma(k) = x^{(0)}(k-1)/x^{(0)}(k), k = 2, 3, \dots, n$ 。若级比 $\sigma(k)$ 落在可容覆盖 $X = (e^{-2/(n+1)}, e^{2/(n+1)})$ ,则可对原始数据进行预测;若级比 $\sigma(k)$ 未落在可容区间内,则需要对原始数据进行变换处理,使生成新数据的级比落在可容覆盖内。

原始数据符合级比要求后,对其进行一次累加生成,获得新序列:

$$X^{(1)}(k) = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\},$$

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), k = 1, 2, \dots, n.$$

GM(1,1)模型对应的白化方程为:

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = u. \quad (1)$$

其中 $a$ :发展灰数; $u$ :内生控制灰数

$X^{(1)}$ 的邻近生成均值系列:

$$z^{(1)}(k) = [x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k+1)]/2, k = 2, 3, \dots, n.$$

$$\text{设 } Y = [x^{(0)}(k)], B = [-z^{(1)}(k), 1], k = 2, 3,$$

$\dots, n$ , 记 $\alpha = \left(\frac{a}{\mu}\right)$ , 利用最小二乘法得:

$$\hat{\alpha} = (B^T B)^{-1} B^T Y.$$

求解式(1)得:

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(1)}(1) - \frac{b}{a}\right] e^{-ak} + \frac{b}{a},$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, n.$$

令 $x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$ , 则有:

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

$$k = 0, 1, 2, \dots, n.$$

累减还原:

$$\hat{x}^{(0)}(k) = -a(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}) \cdot e^{-a(k-1)},$$

$$k = 2, 3, \dots, n.$$

通过GM(1,1)模型可以获得每个周期的销售预测值 $\hat{x}^{(0)}(k)$ , 生成的 $\hat{x}^{(0)}(k)$ 能够近似反应出产品的市场销售变化情况。该模型在一定程度上克服了产品生命周期短, 历史数据少的困难。但该模型的初始条件、背景值未达到协调一致, 不能反映已销售产品的影响因素和干扰因素等, 需要对其进行改进。

## 二、改进 GM(1,1) 模型及检验

### (一) 改进 GM(1,1) 模型

为使GM(1,1)模型预测精度更高, 更具有普遍适用性, 做出以下几点改进:

a) GM(1,1)模型中初始值为 $x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1)$ , 因为新信息对认知的作用大于旧信息, 故采用 $x^{(1)}(n)$ 代替 $x^{(0)}(1)$ 作为模型的初始值;

b) GM(1,1)模型中背景值采用的 $z^{(1)}(k) = [x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k+1)]/2, k = 2, 3, \dots, n$ 与模型灰度协调不一致, 令 $z^{(1)}(k) = (x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k))/(\ln(x^{(1)}(k+1)) - \ln(x^{(1)}(k))), k = 2, 3, \dots, n$ , 进行背景值优化;

c) 服装预测的影响因素较多, 但无论采用哪种营销手段, 已销售的产品总会对后期销售产生影响, 故在模型中引入已销售产品的影响因子和销售过程的干扰因子。

设 $k$ 时刻的销售量为 $\bar{x}^{(0)}(k)$ , 此前的累积购买为 $x^{(1)}(k-1)$ , 则有:

$$\bar{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(0)}(k) + \alpha x^{(1)}(k-1) + \beta.$$

其中 $\alpha$ :已销售产品的影响因子; $\beta$ :销售过程的干扰因子。

结合GM(1,1)模型公式可得:

$$\begin{aligned} \bar{x}^{(0)}(k) &= \hat{x}^{(0)}(k) + \alpha x^{(1)}(k-1) + \beta = \\ &= -a\left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) \cdot e^{-a(k-1)} + \\ &\quad \alpha\left(\left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) \cdot e^{-a(k-2)} + \frac{b}{a}\right) + \beta. \end{aligned}$$

与GM(1,1)模型相比, 改进GM(1,1)模型不仅考虑到服装产品的历史销售情况, 优化了原模型的初始值、背景值, 而且引入已销售产品的影响因子、销售过程的干扰因子, 因此更能够契合服装市场变化, 满足预测需求。

## (二) 预测结果的后验差检验

对 GM(1,1) 模型的后验差检验:

$$a) \text{ 记 } \bar{X}^{(0)} = \frac{\sum_{i=1}^n x^{(0)}(i)}{n},$$

$$\Delta^{(0)}(i) = |X^{(0)}(i) - \hat{X}^{(0)}(i)|, \\ i = 1, 2, \dots, n.$$

计算原始序列标准差  $S_1$  及绝对误差的标准差  $S_2$ :

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum [X^{(0)}(i) - \bar{X}^{(0)}]^2}{n-1}},$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{\sum [\Delta^{(0)}(i) - \bar{\Delta}^{(0)}]^2}{n-1}}.$$

$S_1$  值越大,表示原始数据的离散程度越大; $S_2$  值越大,表示残差的离散程度越大。

b) 计算方差比  $C$  和小误差概率  $P^{[5-6]}$ :

$$C = \frac{S_2}{S_1},$$

$$P = \{|\Delta^{(0)}(i) - \bar{\Delta}^{(0)}| < 0.6745S_1\}, i = 1, 2, \dots, n\}.$$

方差  $C$  越小,表示  $S_1$  相对于  $S_2$  越大,其值越小,表示对原始数据的预测越好。 $P$  表示小误差概率,其值越大越好, $P$  越大表示拟合分布越均匀。表示根据方差比  $C$  和小误差概率  $P$  的取值不同,可以将检验结果进行划分如表 1。

表 1 GM(1,1) 模型精度表<sup>[5-6]</sup>

$P$	$> 0.95$	$> 0.80$	$> 0.70$	$\leq 0.70$
$C$	$< 0.35$	$< 0.50$	$< 0.65$	$\geq 0.65$
结果	一级 (好)	二级 (合格)	三级 (合格)	四级 (不合格)

## 三、预测算例

### (一) 模型建立

服装产品品类多、生命周期较短。本文每两周进行 1 次数据统计,统计分析了 2014 年杭州某品牌女装某门店 11 月之后的销售数据。从品类的角度提取数据,并把第一个销售数据作为  $x^{(0)}(1)$ ,依次为  $x^{(0)}(2), x^{(0)}(3) \dots, x^{(0)}(k)$ 。销售数据如表 2 所示。

表 2 杭州某品牌某门店的历史销售数据(件)

周期	1	2	3	4	5
单裙	66	42	32	21	44
单裤	27	21	24	22	18
毛衫	71	58	45	35	33
羽绒服	26	31	38	47	54
连衣裙	28	19	21	27	27

### (二) 产品数据的检验

运用改进 GM(1,1) 模型进行预测前,需要对原始数据进行级比检验,级比值在容许范围内,才能进行模型预测。级比检验结果如表 3 所示。

表 3 原始数据的级比检验结果

级比	2	3	4
单裙	1.5714	1.3125	1.5238
单裤	1.2857	0.8750	1.0909
毛衫	1.2241	1.2888	1.2857
羽绒服	0.8387	0.8158	0.8085
连衣裙	1.4737	0.9047	0.7778

级比的检验结果  $\sigma(k) \in (0.6065, 1.6487)$ ,符合级地要求,序列可做改进 GM(1,1) 建模。

### (三) 模型预测与检验

结合历史销售数据,采用改进 GM(1,1) 模型对单裙、单裤、毛衫、羽绒服、连衣裙 5 个品类进行销售预测。对前 4 周期的数据进行拟合处理,获取拟合曲线方程的参数值,利用得到的拟合曲线对第 5 周期的数据进行预测。此模型在 Matlab 软件上实现,其第 5 周期的预测结果如表 4 所示。

表 4 杭州某品牌某门店的销售预测

周期	1	2	3	4	5
单裙	66	39.77	28.44	20.00	14.21
单裤	27	21.89	22.33	22.78	23.24
毛衫	71	57.22	44.46	34.48	26.66
羽绒服	26	30.19	37.18	45.79	56.37
连衣裙	28	18.43	22.09	26.48	31.77

表 2 与表 4 对比表明:采用改进 GM(1,1) 模型进行服装销售预测,预测结果整体趋势较好,能够较为准确地反映出服装的市场需求,达到了预测的效果。其中,单裙的销售拟合情况与预测结果相差不大,但第 5 周期的预测情况与真实销售情况相差较大,分析后了解到造成预测结果偏差较大的原因是企业对该品类服装的打折促销。

为了说明模型的优越性,对预测结果进行后验差检验,检验结果如表 5 所示。

表 5 杭州某品牌某门店的销售预测

结果后验差检验

品类	$C$	$P$	结果
单裙	0.0820	1.000	一级(好)
单裤	0.2572	1.000	一级(好)
毛衫	0.0211	1.000	一级(好)
羽绒服	0.0597	1.000	一级(好)
连衣裙	0.1005	1.000	一级(好)

由表 5 可知,改进 GM(1,1) 模型对服装销售预测具有较高的精度。

#### 四、结语

改进 GM(1,1) 模型优化了 GM(1,1) 模型的背景值与初始值,同时引入已销售产品的影响因子、销售过程中的干扰因子,并以杭州某品牌某门店的历史销售情况进行实例证明。结果证明:该模型能够获得高精度的销售预测值,符合服装市场变化,为服装的配货决策提供理论依据和支持参考。

为进一步提高模型的普遍适用性和预测精度,可对改进 GM(1,1) 模型在以下方面进行进一步改进与完善:a) 在模型中继续引入对预测影响较大的因子,增加适应性;b) 引入新的预测方法如马尔科夫链、极限学习机等,对残差微调修正。

#### 参考文献:

- [1] Şen A. The US fashion industry: a supply chain review [J]. International Journal of Production Economics, 2008, 114(2): 571-593.
- [2] 高亚爽, 蒋晓文. 基于马尔可夫链的服装销售预测模型的研究[J]. 国际纺织导报, 2008, 36(11): 78-80.
- [3] 朱莉思, 王朝晖, 刘巍然. 基于生命周期的季节性服装需求销售预测[J]. 东华大学学报, 2010, 10(1): 64-69.
- [4] 张细香, 马卫民, 刘建勋. 采用基因库构建的季节性服

- 装需求预测[J]. 纺织学报, 2014, 35(5): 142-148.
- [5] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002: 218-224.
- [6] 李思峰, 谢乃明. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 97-116, 153-155.
- [7] 柯宏发, 陈永光, 吴金亮. 一种新的基于 GM(1,1) 模型的粗大误差判别模型[J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30(10): 2003-2006.
- [8] Chor T M, Hui C L, Ng S F, et al. Color trend forecasting of fashionable products with very few historical data[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, 2012, 42(6): 1003-1010.
- [9] Chor T M, Hui C L, Ng S F, et al. Fast fashion sales forecasting with limited data and time [J]. Decision Support Systems, 2014, 59: 84-92.
- [10] Xia M, Wong W K. A seasonal discrete grey forecasting model for fashion retailing[J]. Knowledge-Based Systems, 2014, 57: 119-126.
- [11] 党耀国, 李思峰, 刘 斌. 以  $x^{(1)}(n)$  为初始条件的 GM 模型[J]. 中国管理科学, 2005, 13(1): 133-136.
- [12] 罗 党, 李思峰, 党耀国. 灰色模型 GM(1,1) 优化 [J]. 中国工程科学, 2003, 5(8): 50-53.
- [13] 尚军亮, 方 敏. 一种优化的高精度灰色 GM(1,1) 预测模型[J]. 电子与信息学报, 2009, 32(6): 1301-1305.

## Study on Clothing Distribution Decisions Based on Improved GM (1,1) Model

HAN Shu-guang<sup>a</sup>, SUN Li-hui<sup>b</sup>

(a. School of Science; b. School of Fashion Design and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Clothing distribution decision has an important effect on sales of the clothing and the service level of a company. In order to develop a reasonable distribution decision, we need to establish a high-precision model. This paper established improved GM(1,1) model. This model optimizes the background value and the initial value of GM(1,1) model, and introduces influence factor and interference factor of sold products. Based on the sale data of a clothing brand, this paper adopted improved GM(1,1) model to predict the sale of clothing. The results showed this model is applicable to clothing sale prediction, and the accuracy is good. This model can provide theoretical basis and technical reference for distraction decision of clothing enterprises.

**Key words:** clothing sale prediction; improved GM (1,1); distribution decisions

(责任编辑: 任中峰)