

时间序列和神经网络对迷你型洗衣机销量预测

石磊

(阜阳职业技术学院信息技术系,安徽 阜阳 236031)

摘要:迷你型洗衣机价格便宜,使用方便,近年来销售量不断增加。缺点是功能单一导致消费受众面窄,同时受季节性因素影响较大,企业往往难以准确制定生产销售计划,导致库存和缺货现象时有发生。将合作企业生产的迷你型洗衣机近4年销售数据和影响销售的关联因素作为训练样本,先建立时间序列回归模型和BP神经网络模型对洗衣机销量进行预测,然后建立遗传算法优化的灰色神经预测模型。通过对三种模型预测结果的对比分析,表明经由遗传算法优化参数的灰色神经网络能较好的预测销量未来变化,辅助企业决策订单生产计划。

关键词:订单预测;灰色神经网络;遗传算法

中图分类号:TP3 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-1098(2013)03-0069-05

Mini Washing Machine Sales Prediction Based on Time Series and Neural Networks

SHI Lei

(Department of Information Technology, Fuyang Vocational College, Fuyang Anhui 236031, China)

Abstract: Mini washing machines are cheap and easy to use, their sales have been increasing for recent years. The disadvantage of simple function results in narrow range of users, and their sales are heavily affected by seasons. So it's hard for enterprises to set production and sales plan accurately, which leads to inventory and shortage occurrence. The sales data and associated factors affecting sales of mini washing machine produced by cooperative enterprises of recent four years were used as training samples to establish time series regression model and BP neural network model to predict washing machine sales and then the gray neural prediction model optimized by genetic algorithm was built. Comparative analysis of the prediction results with these three models showed that prediction of sales changes in the future by the gray neural prediction model optimized by genetic algorithm is better, which assists the enterprises to make production plan for ordering.

Key words: order prediction; grey neural network; genetic algorithm

国内家电市场经过近30年的发展,市场日趋成熟,竞争激烈,中小型家电制造企业由于市场规模有限,对销售市场的整体把握能力较弱,无论是产销量还是市场推广上都处于劣势。近年来,随着原材料价格和人工成本的不断上涨,家电制造进入

微利时代,进一步加剧中小企业的生存危机。为了能在激烈的市场竞争中立于不败之地,这些企业必须能更快捷有效的反馈市场变化,进一步细分消费市场,同时通过降低库存和控制原材料成本来提高市场竞争力^[1-2]。

课题组合作企业是一家地方性家电制造企业,考虑目前家电企业普遍出现的产能过剩和产品同质化现象,该企业针对大型家电企业关注较少的迷你型洗衣机市场推出了多款产品,销量和品牌认可度不断提升,在小型洗衣机市场上呈现良性发展态势。迷你型洗衣机优点在于价格便宜,洗涤少量的衣服时节省水量和电能;缺点在于功能单一,购买者一般作为单身生活用品或家中大洗衣机的补充,消费受众面较窄。另外在调研中发现迷你型洗衣机的销售受季节性影响较大,一般在夏季进入销售高峰期,但有时也会出现峰期提前或滞后的波动。由于存在以上多方面因素,合作企业目前难以准确制定生产计划来配置生产线,导致库存和缺货现象时有发生。企业要提高产品的竞争力,就必须制定合理的生产计划来降低库存,提高资金周转率。因此,建立一个科学的订单预测模型可以为企业生产计划提供科学依据,形成批量效应降低成本,还能保证供应链和企业内部生产的稳定性,缩短对紧急订单的响应时间。

1 预测理论基础

订单数据^[3-4]是典型的小样本数据,具有非线性强、未知因素多的特点,目前主要有遗传算法预测、神经网络预测、混沌预测和时间序列预测等多种建模方法应用于订单预测。但这些方法均具有一定限制条件:如时间序列预测要求数据本身满足一定数学条件;神经网络建模需要对网络结构前期分析,随机选取权重阈值等参数等都会对预测准确性产生负面影响;遗传算法在种群数量和交叉变异概率方面也有同样的问题。灰色神经网络^[5]既具有灰色理论用小样本数据建模的独特方法,又具有神经网络模型对非线性自适应能力强的优点,实现较好的数据处理和预测精度。针对实验中洗衣机订单的信息处理,拟采用灰色神经网络来建立预测模型,遗传算法优化网络参数,组合预测洗衣机订单走势,并与其他单一预测方法的预测结果进行横向比较,得出相关结论和后期研究改进方向。

1.1 AR 预测模型

AR 模型^[6]一般也称为自回归模型,是典型的时间序列预测模型,反映在不同时间点上变量和值之间的关系,一般的 AR 模型形式为

$$x_t = \sum_{i=1}^n x_{t-i} + a_t \quad (1)$$

式中: x_{t-i} ($i = 0, 1, \dots, n$) 为时间序列; a_t 为白噪声序列; n 为模型阶数,上述模型一般表示为 $AR(n)$ 。这是一类在工程领域应用广泛的模型。

1.2 BP 神经网络模型

BP 神经网络^[7]是一种典型的误差反向传播人工神经网络,一般包括输入层,隐含层,输出层三部分,每层由若干神经元来构成,每个神经元在激活函数和阈值的作用下将接收到的信息以一定权重传递至下一层神经元,并根据反向传播的误差及时调整权重和阈值的大小,从而尽可能的逼近训练样本的模型。BP 神经网络具有良好的非线性逼近能力和对杂乱信息的综合处理能力。订单生产有很大的随机性和非线性,基于 BP 神经网络建立预测模型来预测订单在理论上是可行的。

1.3 遗传算法

遗传算法^[8]是通过模拟自然界进化法则对编码染色体群进行复制交叉和变异淘汰等一系列操作,使得种群以优胜劣汰的方式进化,从而达到最大限度适应环境的目的。遗传算法在优化问题中有较多应用。在本文中主要利用遗传算法优胜劣汰的进化特性来对神经网络模型参数进行优化,从而进一步来优化网络结构。

1.4 灰色模型

灰色模型^[9]是针对样本小,信息少的不确定性数据序列进行预测的一种行之有效的方法,它通过对原始数据进行处理,找到系统的内在变化规律,生成规律性突出的数据从而建立微分方程,对数据的未来发展进行预测。该方法可做到较长期的精确预测。设有时间数据序列

$$x^{(0)} = \{x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}\} \quad (2)$$

对数据进行累加,得到

$$x^{(1)} = \{x_1^{(0)}, \sum_{i=1}^1 x_i^{(0)}, \sum_{i=1}^2 x_i^{(0)}, \dots, \sum_{i=1}^n x_i^{(0)}\} \quad (3)$$

根据新的数据序列 $x^{(1)}$, 建立微分方程

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u \quad (4)$$

求解,得到

$$x_t^{*(1)} = (x_1^{(0)} - u/a)e^{-a(t-1)} + u/a \quad (5)$$

累减之后可得 $x_t^{(0)}$ 的预测值 $x_t^{*(0)}$ 为

$$x_t^{*(0)} = x_t^{*(1)} - x_{t-1}^{*(1)}, t = 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

1.5 灰色神经网络

灰色神经网络的结构图如图1所示。

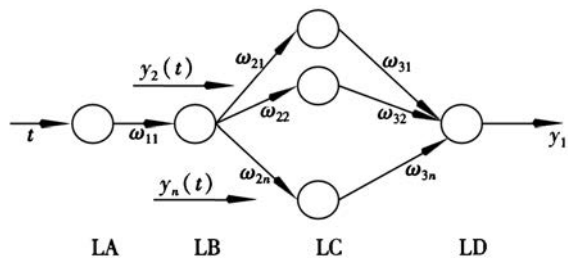


图1 灰色神经网络结构图

其对应的微分方程为

$$\frac{dy_1}{dt} + ay_1 = b_1y_2 + b_2y_3 + \dots + b_{n-1}y_n \quad (7)$$

式中： y_1 为网络预测值； y_2, \dots, y_n 为系统输入参数； b_2, \dots, b_{n-1} 为微分方程系数。

权值 $w_{11}, w_{21}, \dots, w_{2n}, w_{31}, \dots, w_{3n}$ 对应的计算公式为

$$w_{11} = a, w_{21} = -y_1(0), w_{n+1} = u_1, \dots, w_{2n} = u_{n-1}w_{31} = w_{32} = \dots = w_{3n} = 1 + e^{-at} \quad (8)$$

式中： $u_1 = \frac{2b_1}{a}, u_2 = \frac{2b_2}{a}, \dots, u_{n-1} = \frac{2b_{n-1}}{a}$, LD层的输出节点阈值 $\theta = (d - y_1(0))(1 - e^{-at})$ 。

2 遗传算法优化的灰色神经网络模型

2.1 企业订单销售分析

生产订单计划是企业运转的核心链条,利用神经网络模型来预测订单的走势,就需要对影响订单的关键因素进行分析整理。对于洗衣机市场来说,影响其需求量的因素很多,比如季节性因素、销售价格、消费群体价格敏感性、产品质量、售后服务、产品生命周期、成本、竞争对手等。由于合作企业洗衣机产品以三、四线城市乡镇为主要销售市场,因此产品在市场定位、销售渠道建立、促销政策制定、市场特征、性能价格比等方面具有销售地本土化的一些特征。课题组为了能够将预测模型的预测应用范围更适合集团的整体销售管控,调研了区域之间相对分散的5个办事处来分析销售影响因素,使数据来源更具有普遍性。

2.2 遗传算法优化

课题组通过对合作企业自2009以来的销售数

据进行分析梳理,并赴该企业销售部门和驻外办事处进行了调研,筛选出对迷你洗衣机销售影响的4个关键因素:销售量、销售价格波动、经销商预测和缺货量,作为样本参数对销量进行预测。同时针对以往文献中网络权值随机化后导致网络预测精度下降,训练时间过长易导致发散的情况,实验模型采取先用遗传算法对灰色神经网络权值进行优化,然后运用样本数据对网络模型进行训练,最后将预测输出结果与实际销量进行对比分析(见图2)。

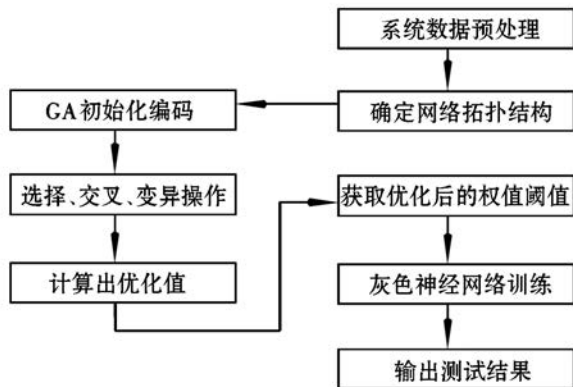


图2 算法流程结构图

通过多次的实验对比测试,将遗传算法中参数值设定如下:遗传算法选择种群个体的数目设定为200,交叉概率设定为0.4,变异概率设定为0.2,精英保留比例为15%,而进化次数设置成40次。灰色神经网络选择1-1-4-1结构,各层输入分别为

LA层: $a = \omega_{11}t$

LB层: $b = \frac{1}{1 + e^{-w_{11}t}}$

LC层: $c_1 = b\omega_{21}, c_2 = y_2(t)b\omega_{22},$

$c_3 = y_3(t)b\omega_{23}, \dots, c_n = y_n(t)b\omega_{2n}$

LD层: $d = \omega_{31}c_1 + \omega_{32}c_2 + \dots + \omega_{3n}c_n - \theta_{y_1}$

3 仿真测试分析

3.1 模型训练样本分析和处理

为了获取更理想的销售预测效果,在数据选择上对合作企业销售的多个型号洗衣机经行数据预处理,在数据统计中发现以下问题:

第一,暂时性大力度促销活动对于洗衣机的销量在短期内有明显的拉动作用,但对于长期的统计分析是不利的,销量的大幅波动给预测带来一定的负面影响。

第二,家电下乡中标产品的销售受到政策影响

较大,尤其在家电下乡补贴政策开始和临近结束时期,销量会有大幅提升,而这两个时间段在往年是洗衣机销售的传统淡季。由于家电下乡中标产品有效期为一年,每年重新投标,因此有些产品在2009年至2012年4年间有中标和非中标年份,销售规律被打破,预测效果难以保证。

第三,近年来部分配件原材料市场价格出现过短期的大幅涨跌现象,导致合作企业生产的洗衣机价格出现成本因素的涨跌,主要体现每一年同时期的出厂价格和促销力度的变化,同时各型号洗衣机因配件成本受影响程度也各不相同。因此给预测带来一些短期的不确定因素。

通过分析合作企业多个型号产品的销售实情,排除受上述原因影响较大产品,最终选定XPB系列迷你型洗衣机的销售数据及关联因素作为训练样本。实验选取自2009年2月至2012年7月共计43个月的统计数据,包括销售时间、销售数量、出厂价格、经销商预测和缺货量统计。选取其中前37个月的数据作为训练样本,对后6个月的洗衣机销量进行预测,并与实际销量进行比较分析。

3.2 基于3种模型预测结果对比

对同一训练样本,先后采用时间序列模型、BP神经网络模型和遗传算法优化的灰色神经网络模型来分别预测。对比分析三种模型对产品销量的预测效果。

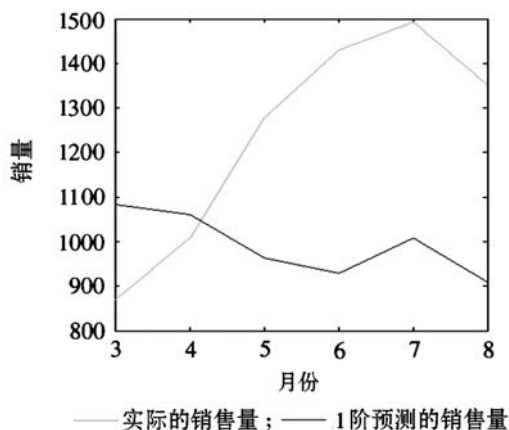


图3 AR(1)模型预测与实际销量比较(2012年)

图3为基于时间序列模型的预测销量和实际销量结果比较,从图3中可以看出,6~8月的预测出入较大,而6~8月是小型洗衣机销售的全年黄金期,未能反映出产品销量实际走势。

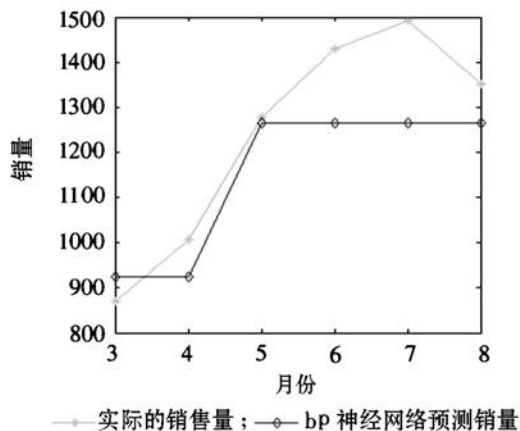


图4 BP神经网络预测与实际销量比较(2012年)

图4为基于BP神经网络的预测销量与实际销量对比效果,BP模型中选择学习率0.2,动量因子0.9,构造3-10-1结构的BP神经网络,每层的函数分别为'tansig', 'tansig', 'purelin', 训练方法为'trainbr'.相对于时间序列预测准确率有所提高,但通过网络训练依然未能较好的反映出产品实际销售规律,在3~5月期间预测值和实际销量较为接近,6~8月的销售预测依然有较大差距。

基于遗传算法优化的灰色神经网络预测模型中遗传算法适应度函数为预测值与实际值误差绝对值,遗传算法对灰色神经网络 m_1, m_2, m_3, m_4 四个初始化参数进行优化,优化之后的参数如下表所示。

表1 经遗传算法优化之后灰色神经网络参数取值

参数	m_1	m_2	m_3	m_4
优化值	0.300	0.300	0.200	0.400

图5为遗传算法优化后的网络预测模型与实际销量对比,从图中可以看出,该模型预测效果好于时间序列预测模型和BP神经网络预测模型。

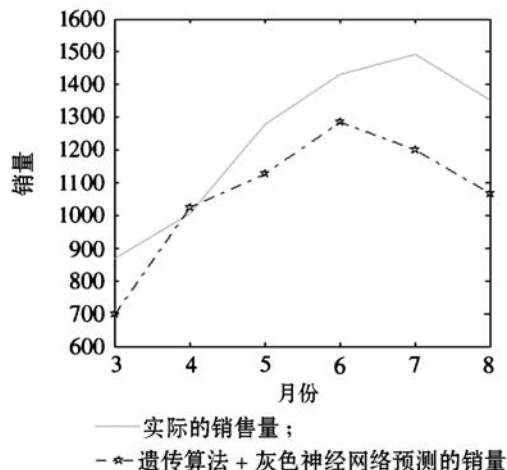


图5 遗传算法优化灰色神经网络预测与实际销量比较(2012年)

4 总结分析

AR(1)阶时间序列预测模型、BP神经网络预测模型和遗传算法优化的灰色神经网络预测模型的三种预测结果比较如图6所示。

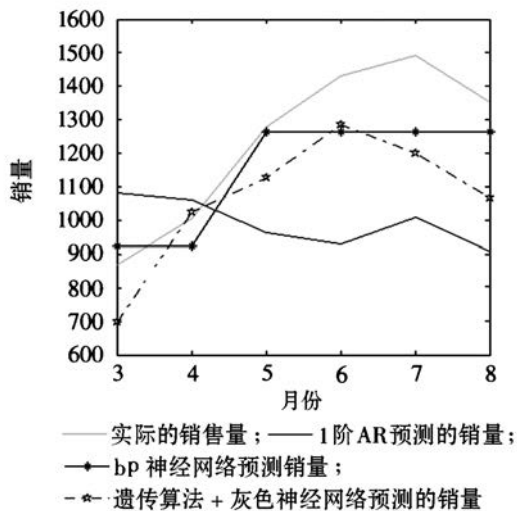


图6 各种模型预测结果比较(2012年)

如图6所示,通过对比上述3种模型的预测结果可以发现:AR(1)模型预测误差较大,甚至不能明确反映销量走势,在仿真实验中不仅是AR(1)阶模型预测误差较大,即便基于AR(2)阶甚至更高阶预测,预测销量与实际销量也存在较大误差,均无法反映真实销售走势,因此分析认为:该销量数据是不符合时间序列预测的前提数学条件,因非本实验主要研究问题,在此不作进一步讨论。之后进行的BP神经网络预测虽能在一定程度上反映出销量走势,但有明显饱和现象,即销量到达一定程度之后,网络输出值无法根据输入变化而改变,初步分析认为是由于输入向量维数(即影响销量因素个数)导致。而对于遗传算法优化灰色神经网络的预测模型,虽然预测销量与实际销量有一定误差,但从整体走势来看,基本能正确反映出销量随销售月份变化的趋势,并且也符合一般洗衣机在夏秋换季时达到销售旺季的市场经济规律,仔细分析曲线发现遗传算法优化灰色神经网络的预测具有一定超前平移性,如预测曲线的峰值出现在6月,而实际销售的峰值出现在7月,这一方面是由有限的数量造成,另一方面对企业安排生产并无负面影响,假定企业按照此预测曲线安排生产,在

6月份生产量最大,正好能够有效防止7月和8月销售旺季时出现供不应求的现象。因此,基于遗传算法优化的灰色神经网络模型对合作企业的订单预测是基本可行的,能够对订单计划的安排起到指导性的作用,辅助企业合理安排生产线的生产分配并降低原材料和产品库存。

实验针对已有洗衣机销售数据建立灰色神经网络模型,并采用遗传算法对以往文献中随机分配网络参数值的方法进行改进,建立了基于遗传算法优化的灰色神经网络预测销量模型,对企业安排生产计划具有指导参考意义。当然,要进一步提高预测的准确度,需要企业积累更多的销售数据和关联因素统计,并加大市场调研的力度。就预测模型本身而言,将考虑其前步预测销量与实际销量的误差累加积分甚至加权,作为后步预测的一个影响因素,在遗传算法优化网络参数之后在此参数值范围内再进行动态调整,使之能够更加准确的预测产品销量。

参考文献:

- [1] 郭广沁. 面向订单生产的钢铁企业原材料成本控制研究[D]. 大连:大连理工大学,2011.
- [2] 彭雪丽. 面向订单汽车制造企业生产计划中若干问题的研究[D]. 西安:西安理工大学,2010.
- [3] 葛彦强,汪向征,王爱民. 改进灰色神经网络的冰箱订单需求预测研究[J]. 计算机仿真,2012(5):219-222.
- [4] 戴宝印,谭家华. 改进灰色预测模型在我国船舶订单预测中的应用[J]. 物流科技,2009(6):44-47.
- [5] 马雄威,朱再清. 灰色神经网络模型在猪肉价格预测中的作用应用[J]. 内蒙古农业大学学报,2008,10(40):91-93.
- [6] 赵仁义,朱玉辉. 关于时间序列预测法的探讨[J]. 科技信息,2011(15):192-193.
- [7] 王美玲,王念平,李晓. BP神经网络算法的改进及应用[J]. 计算机工程与应用,2009,45(35):47-49.
- [8] 潘晓明,吴建生. 基于遗传算法神经网络集成股票市场预测研究[J]. 广西师范大学学报:自然科学版,2007,24(1):77-84.
- [9] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2002.

(责任编辑:李丽,范君)