

文章编号:1002-980X(2007)09-0063-04

基于 ANFIS 和 GA 的多级分销链预测模型

张庆民¹, 薛恒新¹, 吴春梅^{1,2}

(1. 南京理工大学 经济管理学院, 南京 210094; 2. 南京审计学院, 南京 210029)

摘要:为提高分销链企业的预测水平,优化分销链中各级企业库存管理,提出了基于自适应神经模糊推理系统(ANFIS)的单级预测模型和成本目标函数的多级预测模型。利用 ANFIS 模糊推理机制实现了其输入层与输出层间的非线性映射及该神经网络的信息存储和学习能力。从分销链整体成本优化的角度建立了多级预测模型并应用遗传算法(GA)进行求解。仿真结果表明,ANFIS 与 BP 神经网络相比具有较高的准确性;在一定程度上改善了分销链中订货信息多级放大的现象。

关键词: 分销链;自适应神经模糊推理系统;预测;遗传算法

中图分类号: TP14; TP18 **文献标志码:** A

随着全球经济一体化的发展和社会主义市场经济体制的完善,企业间的竞争逐渐发展到供需链之间的竞争。竞争的焦点集中于产业链两端,产品设计能力和营销能力成为竞争的关键。在诸多行业,尤其是大众消费品行业,建立多级分销网络、控制分销渠道成为企业成功的重要战略^[1]。面对庞大的中国市场,以家电连锁、大型日用品仓储超市、品牌专门店为代表的大众消费品行业依靠该战略获得了迅猛发展,但是不确定性市场需求和分销链中的牛鞭效应导致了分销链中各级企业库存短缺或过剩^[2]。为获得准确的库存预测值,目前大多数分销企业一般采用移动平均、时间序列、模糊神经网络等方法进行预测。这些预测方法都是基于单个企业主体进行的预测,其共性是在预测 $t+1$ 周期的需求量时并没有考虑分销链企业在 t 周期的库存状况,导致了分销链中各级企业库存经常出现短缺或过剩。当前分销链中各级企业都进行了信息化建设,企业间库存、销售信息基本能够共享。在这样的环境下,过去那种逐级预测方法使得整个分销链各级企业订货量逐级放大,已不能满足多级分销链管理的需求,核心企业也难以获得真实的市场需求量。为加强多级分销链的企业库存管理,引入自适应神经模糊推理系统^[3]和多级预测模型,并通过合并这两种模式来优化整个分销链企业的库存管理成本。

1 ANFIS 网络学习算法

ANFIS 网络是将模糊逻辑与神经网络有机结合而构成的一种新型神经网络结构。该网络采用反向传播和最小二乘法的混合算法来调整前提和结论参数,并能自动产生 if-then 规则。该系统由自适应神经网络来实现一个 T-S 型的模糊推理系统,同时 ANFIS 网络通过模糊辨识系统进行辨识,能自主地初始化模糊规则并自适应地调整隶属度和结论参数。该网络在结构上属于多层前馈网络,在学习算法上属于局部逼近网络,如图 1 所示。假设模糊系统有两个输入 x_i ($i=1,2$) 和一个输出 y , x_i 的模糊集合为 A_i^k ($k=1,2,\dots,m_i$), A_i^k 代表该模糊集合的隶属函数,其模糊规则数 $p=m_1 \times m_2$,第 k 条模糊规则形式为:

if (x_1 is $A_1^{k_1}$ and x_2 is $B_2^{k_2}$), then

$f_1 = a_1 \times x_1 + b_2 \times x_2 + r_1$ 其中 $k=1,2,\dots,p$ 为模糊规则数目,每个 k 分别对应一个有阶序列 k_1, k_2 。

ANFIS 结构主要由模糊化层 1、模糊推理层 2 - 3 和解模糊化层 4 - 5 组成,采用 Sum-Product 模糊逻辑推理和加权平均解模糊。

第 1 层:将输入变量模糊化,输出对应模糊集合的隶属度,第 i 个输入变量的第 k_i 个模糊集合的传递函数可表示为: $Q_{ik_i}^1 = A_i^{k_i}(x_i)$, 其中 x 为结点 i 的

收稿日期:2007-03-29

作者简介:张庆民(1976-),男,山东邹城人,南京理工大学经济管理学院博士生,从事分销供应链管理、物流管理和智能预测与调度研究。

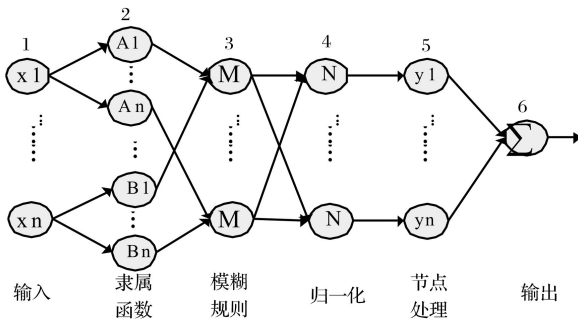


图 1 ANFIS 网络结构

输入, A 是与该结点有关的语言标识, 这里 A 的隶属函数通常可以选用钟型函数; 第 2 层: 实现条件部分的模糊集合运算, 通常采用乘积规则输出对应上式第 k 条规则的适用度 $O_k^2 = \omega_k = A_1^{k1}(x_1) \times A_2^{k2}(x_2) = \prod A_i^{ki}(x_i)$ 。每个结点的输出表示一条规则的激励强度; 第 3 层: 将各条规则适用度归一化, 输出第 k 条规则的平均适用度, 实际上等于模糊基函数的值 $O_k^3 = \bar{\omega}_k = \omega_k / \sum_{k=1}^p \omega_k$; 第 4 层: 每个节点的传递函数为线性的, 表示局部线性模型, 计算出每条规则的输出 $O_k^4 = \bar{\omega}_k y_k = \bar{\omega}_k (a_0^k + a_1^k x_1 + a_2^k x_2)$, 由所有的 $\{a_0^k, a_1^k, a_2^k\}$ 组成的参数集称为结论参数; 第 5 层: 计算所有规则的输出之和为:

$$O_k^5 = y = \sum_{k=1}^p \bar{\omega}_k y_k = \sum_{k=1}^p \bar{\omega}_k y_k / \sum_{k=1}^p \bar{\omega}_k$$

采用 ANFIS 网络进行销售量预测的步骤: 利用归一化公式进行标准化处理; ANFIS 网络在建模时首先给定初始化 FIS 模型结构, 根据输入变量的特征取模糊等级数、输入变量的隶属度函数和输出的隶属度函数; 根据初始数据对 ANFIS 网络进行训练; 对训练好的 ANFIS 网络进行验证。通过运用 ANFIS 网络预测消费品市场的产品, 通过误差反传和最小二乘算法来分别学习前提和结论参数, 克服了进行市场预测时不能考虑到市场所具有的模糊性。ANFIS 网络对输入空间的模糊聚类能自适应地调整模糊规则数目, 克服误差反传算法易陷入局部极小点的缺陷。

2 多级分销链预测订货

2.1 多级预测模型与算法

基于 ANFIS 网络预测的单个企业市场需求量没有考虑分销链的协同预测问题, 各个企业的预测值对于整个供应链来说不一定是最优的。为优化整个分销链的库存成本, 在该分销链中建立多级成本目标函数, 采用遗传算法^[4]对该目标函数进行求解,

其求解步骤为:

1) 编码。通常编码方案有二进制和浮点数编码等, 这里采用浮点数编码。该染色体基因串中每个基因位代表各级企业预测订货量的取值。如第一周期的染色体编码如下所示: $[Q_1(1), Q_2(1), Q_3(1), Q_4(1)]$, $Q_1(1)$ 表示专卖店在第一周的需求订货量, $Q_2(1)$ 表示分销商在第一周的需求订货量, $Q_3(1)$ 表示子公司在第一周的需求订货量, $Q_4(1)$ 表示供应商在第一周的需求订货量。

2) 评价函数。遗传算法在优化搜索中基本不用外部信息, 仅以建立的评价函数为依据。在应用中评价函数的具体形式根据求解问题一般设定为非负值。本文中遗传算法的目标是在既定的范围内求取一组能使分销链总成本最小化的需求订货量的组合。

分销链库存系统中一般包括以下费用: 订购费、运输费、保管费和缺货损失费。本文从整个分销链成本优化的角度出发, 得出订货费、运输费、保管费和缺货损失费的目标函数:

$$TC = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T C_i(t) = TC_{order} + TC_{tran} + TC_{hold} + TC_{short}$$

s. t.

$$IP_i(t) = IP_i(t-1) + Q_i(t) - Q_{i-1}(t) \quad \forall i, \forall t$$

$$\sum_{t=1}^T Q_i(t) \geq \sum_{t=1}^T D(t) \quad \forall i, \forall t$$

$$\sum_{i=2}^I \sum_{t=1}^T Q_i(t) \geq \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T Q_{i-1}(t) \quad \forall t, \forall (i-1 > 0)$$

$$Q_i(t) \text{ 均大于 } 0 \quad \forall i, \forall k$$

$IP_i(t)$: i 企业 t 周期产品的当前库存水平; $D(t)$: t 周期的市场预测需求量; $Q_i(t)$: t 周期在提前期内的预测订货量。TC 为每次迭代中与第 i 个染色体所对应的分销链总成本的指标值。第一个约束函数为分销链中各级企业不同周期的库存平衡约束; 第二、三个约束函数分别为上下级企业间的库存平衡约束; 第四个约束函数为各决策变量的非负整数约束。本文对于约束问题采用惩罚函数方法求解。

3) 繁殖。繁殖包括交叉和变异。交叉操作过程: 从用于繁殖的个体中取出两个染色体, 按概率随机决定这两个染色体进行位置交叉, 有一点交叉、多点交叉、均匀交叉和周期交叉等多种交叉方式, 在交叉位置将两个染色体 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 和 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ 按交叉方式产生新的染色体 $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$, 以一定的交叉率交叉后得到 $z_i = x_i$

或 $z_i = y_i$;变异操作过程:从交叉后的个体中随机选出若干染色体,按突变概率随机决定发生突变的位置,然后将这个位置的遗传因子进行某种变异。变异方式有对立变异、逆位变异等。如交叉后的染色体为 $X = (w_1, w_2, \dots, w_n)$,在约束范围 $[m_k, n_k]$ 下,变异为 $X = (w_1, w_2, \dots, w_k', w_n)$, $w_k' \in [m_k, n_k]$ 。

2.2 遗传算法步骤

遗传算法求解步骤: 随机产生 N 个染色体,初始染色体的每个基因位 $Q_i(t)$,在订货量的范围内随机产生; 根据目标函数计算总的订货成本; 根据目标函数值设定选择算子为 0.8,交叉算子为 0.7,在应用变异算子时,其变异范围根据订货策略设定; 重复第 3 步,直到给定的迭代数或求得订货量为最优解或近似最优解为止。

3 实验及结果

以四级分销链为例建立单级和多级预测模型:

四级企业设为供应商、子公司、分公司和专卖店,模拟计算各级企业的预测订货量分布,并在 MATLAB 平台上对该模型进行了计算。

首先专卖店运用 ANFIS 网络预测消费者的需求量,该需求量作为多级目标函数的输入需求量。根据文献^[5]中的计算方法,以连续 4 个周期的数据来预测第 5 个周期的数据,选择样本数据输入到 ANFIS 网络的输入层,根据输入变量的特征,输入变量的隶属度函数统一取 disgmf 函数,输出的隶属度函数取 linear 型,通过网格法生成初始模糊推理系统,采用混合学习算法训练网络。ANFIS 网络预测结果和用 BP 神经网络的预测结果如图 2 所示。

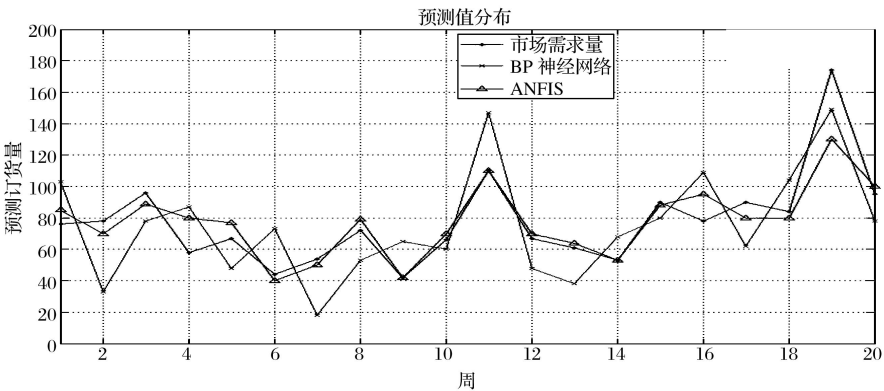


图 2 ANFIS 网络与 BP 神经网络预测值

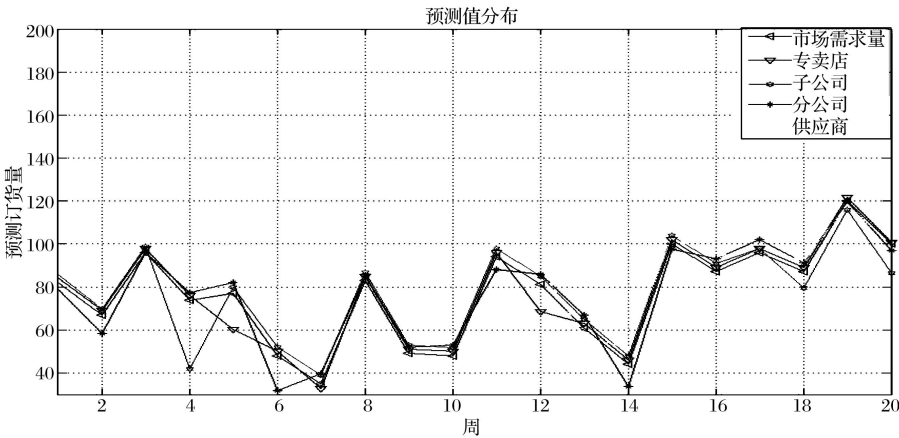


图 3 分销链各级企业预测订货量

从图 2 可看出 ANFIS 预测的结果与实际值较吻合,比单纯使用 BP 神经网络具有一定优势。ANFIS 预测实际值之间也存在一定的偏差,这可能是由于训

练数据偏少的原因造成的。通过仿真多级预测模型,由图 3 可看到供应商、子公司、分公司和专卖店的预测订货量并没有逐级

放大,在 20 个周期内趋于平缓波动;把市场需求曲线与供应商、子公司、分公司和专卖店的预测订货曲线比较,没有出现信息逐级放大的现象。可以得出结论,ANFIS 网络和多级预测模型在一定程度上削弱了多级分销链中预测订货失真的现象。

图 4 给出了遗传算法预测订货的收敛曲线,约用 80 秒的时间该目标函数趋于收敛,从图中可以看出迭代到大约 700 步长时基本达到运算要求。

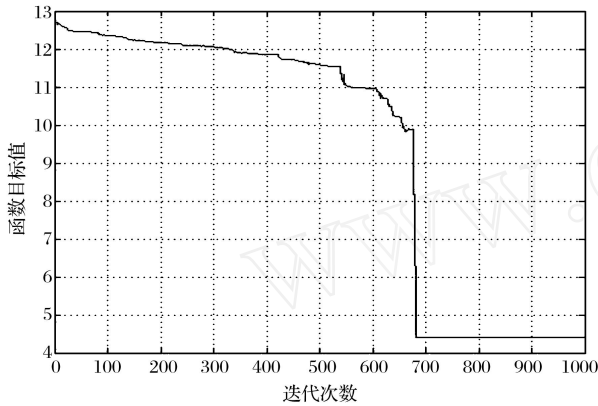


图 4 分销链 GA 收敛曲线

4 结论

多级分销链系统具有复杂、动态和非线性等特点,因此为进行分销链各级企业的预测订货,建立了 ANFIS 网络和多级预测模型。ANFIS 网络在预测中具有一定的实用价值,运用遗传算法(GA)求解多级预测目标函数并得到了较为合理的结果,证明了该模型的有效性。ANFIS 网络和多级预测模型为解决多级分销链、供应链的预测订货问题提供了依据,具有一定的应用价值。

参考文献

- [1]张继焦. 分销链管理 - 分销渠道的设计、控制和管理创新[M]. 北京:中国物价出版社, 2002.
- [2]LEE L H, PADMANABHAN V, WHANG S. The Bullwhip Effect in Supply Chains [J]. Sloan Management Review/ spring, 1997, 45 (5): 93 - 102.
- [3]JANG J S R ANFIS. Adaptive Network-based Fuzzy Inference Systems[J]. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, 1993, 23 (3): 665 - 685.
- [4]周明,孙树栋. 遗传算法原理及应用[M]. 北京:国防工业出版社, 2002.
- [5]吴晓莉,林哲辉. 基于 MATLAB 辅助模糊系统设计[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2002.

Forecasting of Multi-echelon Distribution Chain based on Adaptive Neural-fuzzy Inference System and Genetic Algorithm

ZHANG Qing-min¹, XUE Heng-xin¹, WU Chun-mei^{1,2}

(1. Inst. Of Economics & Management, NUST, Nanjing 210094, China; 2. Nanjing Audit University, Nanjing 210029, China)

Abstract : To improve the efficiency of forecasting demand and optimize stock management of all corporations in distribution chain, a single-echelon forecasting model based on the Adaptive Neural-fuzzy Inference System (ANFIS) and a multi-echelon forecasting model based on cost objective function are introduced. Fuzzy inference mechanism of ANFIS is used to fulfill a capacity of non-linear mapping between Input and output layer, and ability of information storing and learning of neural network. An optimization objection model is built to minimize total expected cost, and Genetic Algorithm (GA) is adopted to obtain the optimization. The results show that ANFIS is more accurate comparing with BP neural network. In the degree, multistage amplifier phenomenon of ordering variation is mitigated in distribution chain.

Key words : distribution chain; anfis; forecasting; genetic algorithm