

## 基于影响因子的供应链协同预测方法

舒彤<sup>1</sup>, 陈收<sup>1</sup>, 汪寿阳<sup>1,2</sup>, 赵修利<sup>1</sup>

(1. 湖南大学工商管理学院, 长沙 410082; 2. 中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100190)

**摘要** 探讨了影响因子在时间序列预测中的作用, 提出了基于影响因子的供应链协同预测方法并进行了实证研究, 依据企业历史实际销售数据分层级分区域分别提取了春运因子及停车检修、小修因子并进行了量化, 同时在企业的销售预测值中进行了还原. 实证研究表明: 影响因子对供应链销售预测具有重要作用, 对其加以利用可以大大提高分预测及总预测的精度并体现协同预测的思想; 有利于对供应链的隐含或显著信息加以利用, 有利于将供应链企业可能存在的负面约束条件加以正面利用, 有利于将供应链视为一个信息整体来加以管理, 是分层次分模块进行经济信息滤波的一个拓展. 在这种协同预测的方法下, 供应链的分销商或最终用户的销售状况可以向上传递, 生产企业的生产、储运或其它状况可以向下传递, 即以影响因子作为纽带将供应链企业视为一个整体来进行销售预测研究.

**关键词** 供应链; 协同预测; 影响因子

## Supply chain collaborative forecasting approach based on affecting factors

SHU Tong<sup>1</sup>, CHEN Shou<sup>1</sup>, WANG Shou-yang<sup>1,2</sup>, CHAO Xiu-li<sup>1</sup>

(1. College of Business Administration, Hunan University, Changsha 410082, China;

2. Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

**Abstract** It aims to explore the role of affecting factors in the chronological forecasting; it proposes the supply chain collaborative forecasting approach on the basis of affecting factors and provides empirical evidence; it extracts and then quantifies the factors of spring festival transportation and those of minor repairs respectively with reference to the enterprises' historical actual sales data on different levels and in distinct districts, which have been reverted in their sales forecasting value. The data have shown that the affecting factors play a key role in supply chain collaborative sales forecasting. Their application can greatly improve the accuracy of specific and general forecasting and represent the perspective of collaborative forecasting; it can benefit the implicit or explicit information in the supply chain; it can transfer the potential negative constraints in the supply chain into positive employment; it facilitates the management of supply chain as an information whole, which can be seen as an expansion of the economic information filtering in separate hierarchies and modules. By adopting this collaborative forecasting approach, the sales status regarding distributors or terminal users in the supply chain can be transmitted upwards. Also, information relating to production, storage, transportation and other circumstances can be spread downwards. In other words, affecting factors as ties can take enterprises in the supply chain as a whole in relation to research on sales forecasting.

**Keywords** supply chain; collaborative forecasting; affecting factors

收稿日期: 2009-05-20

资助项目: 国家自然科学基金 (70731003)

作者简介: 舒彤 (1970-), 男, 博士, 副教授.

## 1 前言

供应链企业在生产经营管理中的许多问题需要进行预测,包括需求量预测、销售量预测、库存量预测、市场行情预测、价格指数预测以及企业或行业发展景气预测等。

预测所能够利用的是包含现在及过去的的数据或资料,如预测企业产品销售额最直接的数据是企业的历史月销售额数据。对于较短期预测,大都根据实际数据进行;对于较长期预测,则需要考虑经济发展趋势、市场消费特性与市场行情等综合因素。企业在遇到外部相似新产品竞争时,其自有产品的身价会随之下降,作单纯预测非常困难。这时,企业的生产经营管理者可加入对新因素的预见或增加能够反映需求活动的修正成份。

供应链企业的产品未来销售状况对企业的生产经营活动起重要作用,其主要决定因素大致可分为两种:一种是引起过去和现在销售的实际因素,另一种是影响未来销售的新因素。倘若新因素的影响力极其微弱,则可以通过分析实际因素来进行预测。实际因素及其影响值可能是显著的,也可能是隐含的。当隐含的实际因素及其影响量存在时,就需要依据一定的方法进行提取。与供应链企业销售相关的因素可能有很多,其影响力可能各不一致,其表现可能是积极的也可能是消极的,所以需要抽取与预测直接相关的销售信息。

销售信息是代表供应链生产企业最终效能的信息,其历史销售值直接影响着企业的未来销售量。在预测中,基于历史销售值的销售预测比基于历史销售值的需求预测更贴近实际,因为销售与需求是有区别的,实际中可能因各种原因使生产企业的实际销售量与针对生产企业的市场需求量存在不同。也就是说,实际中虽然可能存在较大的需求,但生产企业的产品销售数量却只能按历史销售值来进行预测,即供应链企业的销售存在有影响因数作用的约束条件,而这种约束可能使市场需求在实际中不能得到完全满足。

## 2 文献综述

20 世纪 90 年代中期,宝洁公司 (Procter & Gamble Co., P&G) 的管理人员在销售中发现一个奇怪现象:零售店的产品销售存在波动但并不强烈;分销商给宝洁公司的订单却波动得很厉害。管理人员进一步检查宝洁公司给自己的供应商的订单,发现其波动幅度变得更大。这表明当销售信息在供应链中以订单形式向上游传播时,其波动会变得越来越大,如牛仔所使用的长鞭。宝洁将这种现象命名为牛鞭效应 (Bullwhip effect)。Lee 等<sup>[1]</sup> 学者研究了这种现象,认为牛鞭效应描述的是供应链中供应商所接受的订单比终端顾客的需求具有更大的方差,方差在供应链向上游传播时会放大。

供应链协同涉及企业管理的诸多方面,是一种跨行业的企业管理模式。发达国家企业及大型跨国公司已采用供应链协同手段来提高企业的竞争能力,并在事实上呈现出供应链与供应链之间的竞争。供应链协同理论与方法引起了学术界与实业界的重视并得以快速发展。随着牛鞭效应问题的逐步深入探讨,开始出现基于协同预测理论或类似于协同预测理论的研究或应用方法,以期减弱或消除牛鞭效应需求变形所带来的影响。

Bartezzaghi 等<sup>[2]</sup> 认为在不确定条件下,传统的预测方法将导致严重的预测误差,此时的预测应该利用主要客户的早期订单 (Early sales) 来推断未来市场的可能需求,主动收集并了解相关信息以利于企业的生产及销售。

Ragunathan<sup>[3-4]</sup> 建立了包含一个制造商及两个分销商的预测模型并考察了预测分享的结果。发现当分销商乐意与制造商分享其预测信息时,这种来自下游企业的预测分享可以降低制造商的成本,且成本的降低会随分销商参与数量的增多而扩大;发现预测信息分享也可以降低分销商的成本;发现这种影响会在需求不确定时被加强。这样,对于制造商和分销商而言就存在协同预测的激励机制。

Helms 等<sup>[5]</sup> 认为协同预测可降低供应链整体成本,缩短生产提前期及提高客户服务水平,使利用专家的技术及经验变得可能。Achabal 等<sup>[6]</sup> 利用 VMI 决策支持系统的信息分享,通过协同来提高库存策略效率和降低预测误差,进而改善供应链的补货与缺货。

Aviv<sup>[7]</sup> 考察了两级供应链中分布式无约束单一产品需求的协同预测值,对象是一个供应商及一个分销商,认为联合预测至少总与最好的独立预测处于同等水平,证明协同预测是有益的。Aviv<sup>[8]</sup> 进一步建立了针对销售的自回归模型,研究表明需求与销售的变动加大时,信息分享的价值会提高;存货控制的较好方式是由分销商与供应商来共同进行,或分散管理不同类别商品的存货,其依据是看谁对其具有更强的管理能力。

Zhao 等<sup>[9]</sup> 利用仿真预测模型检验了一个供应商及四个分销商的供应链信息分享效果,结果显示在预测中分享分销商的计划订单量比分享预测净需求更实用。这从侧面也证实,预测中的实际销售数据比可能的需求数据更实用。

Holmström 等<sup>[10]</sup> 提出品类预测 (Category forecasting) 方法论, 认为分销商可以将商品进行品类管理, 通过 POS 系统与物流中心进行协同. 品类管理数据传送给物流中心, 物流中心利用品项在总品类中的排名位置与该品项在总品类中的销售比例来估计总品类销售量, 通过销售比例进行品类预测.

Simchi-Levi 等<sup>[11]</sup> 在探讨联盟策略时提到, 由于供应商比分销商更了解其自身的生产提前期及生产能力, 分销商与供应商之间的合作及协同预测就很重要, 以改善库存管理绩效. Tyan 和 Wee<sup>[12]</sup> 则认为, 在全球化竞争压力下, 单一企业的预测不能够明显提升供应链的整体绩效, 而需利用协同合作的方式, 通过供应链上下游企业间的信息分享来达到协同预测的潜在成效, 以提升供应链的整体绩效.

Småros<sup>[13]</sup> 以数理模型分析为基础证明了协同预测能够为供应链效能提供更强有力的支持, 认为协同预测技术需要不断发展并实用化, 预测因子的选取及利用对协同预测的实施具有影响.

### 3 基于影响因子的供应链协同预测方法

供应链由不同经济实体构成, 各自拥有不同的优化目标及私有信息, 这些优化目标往往与系统整体目标相冲突, 体现为需求放大现象和销售波动现象等. 就是说, 供应链企业可能存在利润最大化的意愿及能力, 但因为忽视了企业内部或外部的影响因素而致使意愿及能力不相匹配.

所有预测均伴有误差, 其科学问题是研究如何将误差控制在最小范围内. 供应链的产品需求或销售状况由多种复杂且相互关联的因素决定, 倘若能清楚了解各主要因素及其影响力以及各因素间的关系, 就能建立或依据相关数学模型得到相对误差较小的预测值.

实际中, 作为单个体群体的总体需求与销售状况表现出相当稳定的发展倾向. 因此, 可将这种总体的可统计性应用到供应链企业的需求与销售预测中. 产品需求与销售是分层次的: 倘若按地域大小划分, 可分为本地、县市、州省、国家、大洲及全球销售; 倘若按公司层级划分, 可分为支公司、分公司及总公司销售; 按公司层级划分的销售与按地域大小划分的销售之间有一定的对应关系. 此时, 一个基本的设想就是将供应链需求与销售预测按层级划分, 在相同的层级中再按同级需求与销售来源划分, 在此基础上逐步以层级向上的方向进行预测. 这样, 可在同级点上以不同需求与销售来源作预测, 在上级点上以不同下级点为基础作预测, 逐级向上得到所希望级别的总预测. 对于不同来源及级别的预测对象, 可得到相对更为精确的数据及影响因素 (影响因子), 并以此为依据使用恰当的预测方法得到不同级别相对更为精确的预测值. 此时, 可将这种预测方式称之为基于影响因子的供应链协同预测, 其实质就是将供应链需求与销售预测按层级划分, 在相同层级中再按不同区域来源划分, 逐级向上进行预测, 即对不同来源及不同级别的对象, 分别抽取直接相关的影响因子并在预测中加以利用.

基于影响因子的供应链协同预测方法对供应链需求变形及销售波动现象的理解与分析有一定帮助, 也是对牛鞭效应问题所进行的一个拓展性探索. 这种方法需要用到因子分析法及恰当的预测方法.

## 4 实证研究

供应链的需求与销售是分层次的, 体现为具有不同的层级及来源; 供应链的需求与销售存在各种影响因子, 在不同的层级及来源中, 这些影响因子可能具有相同的类别却具有不同的影响值. 对于基于影响因子的供应链协同预测方法, 需要在实证中加以验证以考察假设的正确性及方法的有效性.

### 4.1 背景资料

#### 4.1.1 公司背景

ABC 公司是生产化工产品的中国集团公司, 具备多种化工产品的生产能力, 拥有营销网络及固定客户, 其产品广泛用于饲料、橡胶、皮革、医药、纺织印染、造纸等行业. ABC 公司注重科学管理与技术创新的协同进步, 已通过 ISO9001: 2000 质量管理体系认证. ABC 公司生产与销售的 DE 产品是一种化工产品, 广泛应用于纺织、造纸、化工、电子、轻工、污水处理等行业. 依据行业管理协会报告, 2002 年 -2006 年国内 DE 产品的年产能平均增长率为 23.934%, 年消费平均增长率为 26.294%, 其增长幅度居世界之首; 报告预测国内未来 5 年消费量的增长状况, 将超过 15 万吨/年<sup>1</sup>.

ABC 公司在中国拥有多家生产不同类别产品的企业和营销公司, 其华南地区分公司负责 DE 产品在 HN 地区、GD 地区及 JX 地区的营销; ABC 公司及其华南地区分公司位于 HN 地区, GD 地区及 JX 地区均毗

1. 根据资料及数据提供方请求, 全文隐去公司名称、产品名称及销售去向地域名称, 均以英文代码表示.

邻于 HN 地区.

#### 4.1.2 实证数据

依据 ABC 公司报表, 列出其华南地区分公司 DE 产品的月销售状况, 包括其销售量及销售去向, 见表 1. 依据这些数据并进行处理, 可以观察、分析其产品的局部销售网络及状况; 可根据产品的销售量及其去向做协同预测, 为华南地区分公司提供局部网络的产品生产、销售与补货的决策依据, 进而可推广并应用于集团公司网络的产品生产、销售与补货的策略及战略规划.

表 1 ABC 公司 DE 产品华南地区分公司月销售量 (标准化前) 汇总表 (单位: 吨)

时间	HN 地区	GD 地区	JX 地区	全部地区	备注	时间	HN 地区	GD 地区	JX 地区	全部地区	备注
2003.01	280	2006	604	2890		2004.01	260	1402	568	2230	春运
2003.02	256	1206	560	2022	春运	2004.02	280	2042	640	2962	
2003.03	276	2085	590	2951		2004.03	271	1950	604	2825	
2003.04	260	1920	560	2740		2004.04	273	1869	598	2740	
2003.05	278	1868	546	2692		2004.05	240	1802	526	2568	停车检修
2003.06	265	1874	564	2703		2004.06	282	1905	596	2783	
2003.07	260	1850	584	2694		2004.07	283	1926	613	2822	
2003.08	268	1862	562	2692		2004.08	272	1983	596	2851	
2003.09	261	1835	558	2654		2004.09	286	1986	605	2877	
2003.10	276	1863	563	2702		2004.10	286	2012	615	2913	
2003.11	272	1958	596	2826		2004.11	291	2080	620	2991	
2003.12	278	2063	621	2962		2004.12	296	2096	654	3046	
汇总	3230	22390	6908	32528		汇总	3320	23053	7235	33608	
2005.01	304	2110	730	3144		2006.01	420	2496	684	3600	春运
2005.02	240	1506	602	2348	春运	2006.02	684	2850	758	4292	
2005.03	271	2085	670	3026		2006.03	1226	2916	786	4928	
2005.04	260	2100	690	3050		2006.04	1536	2987	865	5388	
2005.05	273	2159	623	3055		2006.05	2481	3284	861	6626	
2005.06	282	2102	623	3007		2006.06	2920	3278	982	7180	
2005.07	280	2165	613	3058		2006.07	4586	3287	1086	8959	
2005.08	305	2160	620	3085		2006.08	4684	3291	1098	9073	
2005.09	280	2105	764	3149		2006.09	5033	4231	1165	10429	
2005.10	200	2003	430	2633	停车检修	2006.10	5239	4358	1194	10791	
2005.11	360	2319	620	3299		2006.11	5324	4569	1271	11164	
2005.12	390	2476	658	3524	扩产	2006.12	5386	4536	1295	11217	
汇总	3445	25290	7643	36378		汇总	39519	42083	12045	93647	
2007.01	5340	4628	1308	11276		2007.05	5455	4468	1567	11490	
2007.02	5356	3954	1341	10651	春运	2007.06	5276	3964	1562	10802	小修 2 天
2007.03	5350	4685	1524	11559		2007.07	5424	4413	1562	11399	
2007.04	5418	4426	1568	11412		2007.08	5421	4489	1564	11474	

依据表 1, 建立 ABC 公司华南地区分公司 DE 产品的月销售量直观图, 见图 1.

由表 1 及图 1 可知, ABC 公司华南地区分公司 DE 产品在每年的月份销售量中表现不平稳; 企业调查表明, 实际中存在的春节运输瓶颈及休假时间影响了当月销售量; 实际中对设备及流水线进行的停车检修、小修因素影响了生产以致暂时影响了当月销售量, 因为多年来 ABC 公司 DE 产品的销售状况良好而少有库存. 由此, 需要引入春运影响因子及停车检修或小修因子对月销售量进行修正以满足预测要求.

在实证研究中, 依据历史销售数据提取了明显且已经过生产企业证实的春运因子及停车检修、小修因子; 春运因子既来源于生产企业, 也来源于需求单位, 这种春运期间的运输状况及休假时间会同时影响生产企业及需求单位; 停车检修及小修因子来源于生产单位, 由生产企业对其设备及流水线进行停车检修或小修时带来, 这可能会引起产品提供量的暂时性短缺, 但这种短缺会在以后的生产及销售中加以弥补.

## 4.2 影响因子与数据标准化

### 4.2.1 影响因子

#### 4.2.1.1 春运影响因子

企业产品生产线在春节期间不停机连续运转, 但春运期间的高客流量或休假时间会影响企业通过汽车货车或火车货车的产品运输, 春节的休假时间会影响需求单位, 这都会进而影响生产企业的当月产品销售量. 预测值中, 其月份倘若处在春运期, 则需要引入春运影响因子对预测值进行修正.

可依据各地区春运当月及其上下月的销售分量来相对精确地计算各地区的春运分影响因子; 同时, 可依据分公司所辖全部地区的春运当月及其上下月的销售总量, 计算全部地区的春运总影响因子.

将各地区销售量序列记为  $y_i, i = 1, 2, \dots, n$ ; 春运当月销售量记为  $y_{i,a}$ , 春运上月销售量记为  $y_{i,a-1}$ , 春运下月销售量记为  $y_{i,a+1}$ . 不同时期, 各地区的春运状况不同, 春运会对各地区的销售带来不同影响.

以各地区春运当月天数为标准, 统一春运前后月的天数, 计算后可得到春运上月的修正值  $y_{i,A-1}$ , 春运下月的修正值  $y_{i,A+1}$ , 并以  $y_{i,A-1}$  与  $y_{i,A+1}$  之和的均值  $y_{i,A}$  作为各地区春运当月销售量的修正值. 将  $y_{i,A}$  与  $y_{i,a}$  的差值作为春运对当月销售状况的影响量, 除以  $y_{i,A}$ , 得到春运影响率  $\varphi'_{ds}$ . 将各地区历次  $\varphi'_{ds}$  求和平均, 得到春运影响率均值  $\varphi'_{ds}$ . 依据春运影响率均值  $\varphi'_{ds}$ , 进一步得到各地区春运分影响因子  $\varphi_{ds}$ . 各地区春运分影响因子分别记为  $\varphi_{ds,hn}$ 、 $\varphi_{ds,gd}$  和  $\varphi_{ds,jx}$ . 同理, 依据分公司所辖全部地区春运当月及其上下月的销售总量, 计算全部地区的春运总影响因子, 记为  $\varphi_{ds,total}$ .

以表 1 为依据, 计算 HN 地区、GD 地区、JX 地区及全部地区的春运分影响因子, 分别记为  $\varphi_{ds,hn}$ 、 $\varphi_{ds,gd}$ 、 $\varphi_{ds,jx}$  和  $\varphi_{ds,total}$ . 需要注意的是, HN 地区及 JX 地区 2003 年的春运影响量为负值, 主要原因是企业当月销售额较小且销售地距离生产厂区较近, 企业采取了相应措施使销售未受春运影响; 在计算 HN 地区的春运影响率均值及春运分影响因子时, 应将这种因销售地区离生产厂区较近而可以采取的措施的因素计算在内, 即不能忽略.

#### 4.2.1.2 停车检修或小修影响因子

企业产品生产线在节假日期间连续运转, 但生产线会因停车检修或小修而停止运转. 在企业产品销售旺盛或产品库存不足的情况下, 生产线的停车检修或小修会影响企业产品当月销售量. 预测值中, 其月份倘若存在停车检修或小修, 则需要引入停车检修或小修因子对预测值进行修正. 实际中, 停车检修与小修不会同时出现; 小修与停车检修对生产与销售的影响率存在数学关系.

停车检修的天数为 4 天; 小修的天数为 1-3 天. 可依据停车检修、小修的持续天数与各地区停车检修当月及其上下月的销售分量来相对精确地计算各地区的停车检修分影响因子与小修分影响因子; 同时, 可依据停车检修、小修的持续天数与分公司所辖全部地区的停车检修当月及其上下月的销售总量, 计算全部地区的停车检修总影响因子与小修总影响因子.

同理, 计算停车检修因子. 将各地区停车检修分影响因子记为  $\omega_{ts,area}$ ; 将停车检修影响率均值除以停车检修的天数, 可分别得到各地区小修 1 天、小修 2 天及小修 3 天的分影响因子, 分别记为  $\omega_{ts,1,area}$ 、 $\omega_{ts,2,area}$  及  $\omega_{ts,3,area}$ ; area 分别代表 HN、GD 和 JX 地区.

同理, 依据停车检修、小修的持续天数与分公司所辖全部地区停车检修当月及其上下月的销售总量, 计算全部地区的停车检修总影响因子, 及小修 1 天、小修 2 天、小修 3 天的总影响因子, 分别记为  $\omega_{ts,total}$ 、 $\omega_{ts,1,total}$ 、 $\omega_{ts,2,total}$  及  $\omega_{ts,3,total}$ .

#### 4.2.1.3 影响因子量表

依据计算结果, 建立影响因子量表, 见表 2.

### 4.2.2 数据标准化

依据表 1 对 ABC 公司 DE 产品的月销售量进行一次修正, 以 31 天为每月天数修正标准. 表 1 中, 当月为 31 天的月销售量在一次修正时保持不变; 当月为 28 天、29 天、30 天的月销售量在一次修正时修正为 31 天的月销售量. 当月存在春运、停车检修的月销售量, 对数据进行二次修正, 此二次修正值为 31 天的月销售

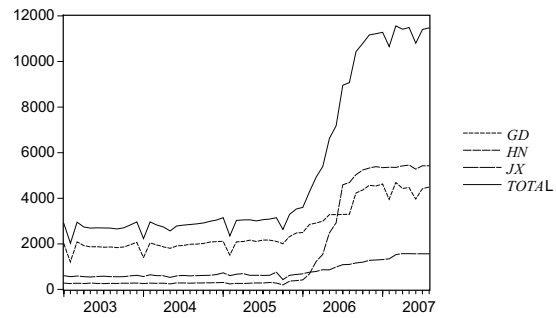


图 1 ABC 公司华南地区分公司 DE 产品的月销售量直观图

量. 据此, 数据全部统一为 31 天的月销售量并初步消除了春运、停车检修因素的影响. 数据标准化有利于消除影响因子对原始数据的影响.

表 2 影响因子量表

	HN 地区	GD 地区	JX 地区	全部地区
春运 (%)	$\varphi_{ds,hn}$ 89.4161	$\varphi_{ds,gd}$ 74.8640	$\varphi_{ds,jx}$ 94.3693	$\varphi_{ds,total}$ 80.1738
停车检修 (%)	$\omega_{ts,hn}$ 72.1121	$\omega_{ts,gd}$ 90.0228	$\omega_{ts,jx}$ 72.6996	$\omega_{ts,total}$ 84.5137
小修 1 天 (%)	$\omega_{ts,1,hn}$ 93.0280	$\omega_{ts,1,gd}$ 97.5057	$\omega_{ts,1,jx}$ 93.1749	$\omega_{ts,1,total}$ 96.1284
小修 2 天 (%)	$\omega_{ts,2,hn}$ 86.0561	$\omega_{ts,2,gd}$ 95.0114	$\omega_{ts,2,jx}$ 86.3498	$\omega_{ts,2,total}$ 92.2569
小修 3 天 (%)	$\omega_{ts,3,hn}$ 79.0841	$\omega_{ts,3,gd}$ 92.5171	$\omega_{ts,3,jx}$ 79.5247	$\omega_{ts,3,total}$ 88.3853

### 4.3 预测过程及预测值分析

#### 4.3.1 预测过程

建立 ABC 公司华南地区分公司 DE 产品的月销售量修正值直观图, 见图 2.

图 2 是已消除春运影响、停车检修影响及小修影响并将每月时间修正为 31 天的月销售量修正值直观图, 由图可知月销售量修正值存在一定的线性趋势. 由此, 可依据 ABC 公司华南地区分公司 DE 产品 2003 年-2006 年的月销售量修正值对其 2007 年 1 月-6 月的月销售量进行预测, 具体方法为在 Eviews 5 中利用二次指数平滑模型, 之后将预测值与实际值进行比对并分析; 为体现修正值的效力, 在分析中亦基于表 1 的月销售量原值进行处理并预测.

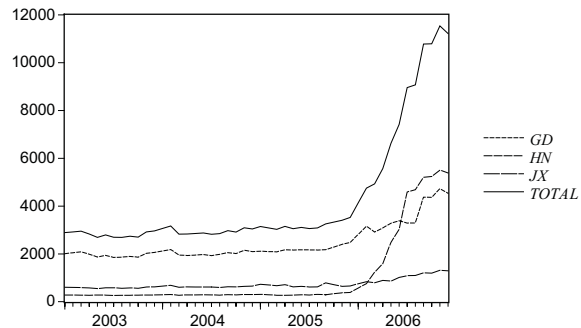


图 2 ABC 公司华南地区分公司 DE 产品的月销售量修正值直观图

对 ABC 公司华南地区分公司 DE 产品 2003 年-2006 年的月销售量原值及修正值进行处理, 见表 3.

表 3 DE 产品 2003 年-2006 年月销售量原值处理结果

	原值处理结果				修正值处理结果				
	HN	GD	JX	TOTAL	HN	GD	JX	TOTAL	
Parameters: Alpha	0.6600	0.2660	0.3180	0.4760	0.6840	0.3500	0.3500	0.5700	
Sum of squared residuals	2959793.	3131003.	205923.7	8775206.	2631646.	1726108.	137876.3	5325041.	
Root mean squared error	248.3190	255.4001	65.49868	427.5708	234.1494	189.6328	53.59499	333.0741	
End of	Mean( $a_T$ )	5407.930	4587.311	1305.332	11431.90	5424.113	4673.050	1317.718	11410.14
period levels	Trend( $b_T$ )	134.0312	187.0349	51.95957	505.8317	78.65758	198.9298	50.29898	355.6831

从表 1 中提取 ABC 公司华南地区分公司各地区及全部地区 2007 年 1 月-6 月的月销售量原值; 预测并得到分公司各地区及全部地区 2007 年 1 月-6 月的月销售量原值预测量; 预测并得到分公司各地区及全部地区 2007 年 1 月-6 月的月销售修正值预测量; 依据月销售修正值预测量及每月不同天数, 建立纯每月不同天数影响量的预测还原值; 依据月销售量原值预测量、表 2 及每月不同天数, 建立每月天数影响量、春运因子、停车检修因子及小修因子的还原值.

#### 4.3.2 6 个月预测误差与纵向精度分析

定义预测的纵向精度分析, 是利用所提取的不同因子对月销售额采取与因子相关的不同方法对修正值的预测量进行不同程度还原, 得到不同预测值与其月销售原值的比较误差, 再进一步比对其预测精度水平. 纵向精度分析有利于得到影响因子在分预测及总预测中的贡献率.

求 ABC 公司华南地区分公司各地区及全部地区 2007 年 1 月-6 月的月销售修正值预测量、修正值预测量还原值及原值预测量相对于月销售量原值的平均绝对误差率 (MAPE).

计算可知: 全部地区的月销售修正值按每月实际天数、春运因子、停车检修因子及小修因子还原后的 6 个月总预测精度相对于月销售原值的总预测精度提高 62.8143%, 相对于月销售修正值不还原的总预测精度提高 48.8423%, 相对于月销售修正值仅按每月实际天数还原后的总预测精度提高 33.4274%, 说明每月实际

天数、春运因子、停车检修因子及小修因子在 6 个月总预测中起了作用, 正确提取这些因子对总预测精度的提高将会有帮助。

计算可知: HN 地区的月销售修正值按每月实际天数、春运因子、停车检修因子及小修因子还原后的 6 个月分预测精度相对于月销售原值的分预测精度提高 92.1842%, 相对于月销售修正值不还原的分预测精度提高 88.0224%, 相对于月销售修正值仅按每月实际天数还原后的分预测精度提高 77.9260%, 说明每月实际天数、春运因子、停车检修因子及小修因子在 HN 地区 6 个月分预测中起了作用, 正确提取这些因子对 HN 地区分预测精度的提高将会有帮助。

计算可知: GD 地区的月销售修正值按每月实际天数、春运因子、停车检修因子及小修因子还原后的 6 个月分预测精度相对于月销售原值的分预测精度提高 21.7622%, 相对于月销售修正值不还原的分预测精度提高 31.5799%, 相对于月销售修正值仅按每月实际天数还原后的分预测精度提高 20.3869%, 说明每月实际天数、春运因子、停车检修因子及小修因子在 GD 地区 6 个月分预测中起了作用, 正确提取这些因子对 GD 地区分预测精度的提高将会有帮助。

计算可知: JX 地区的月销售修正值按每月实际天数、春运因子、停车检修因子及小修因子还原后的 6 个月分预测精度相对于月销售原值的分预测精度降低 468.869%, 相对于月销售修正值不还原的分预测精度降低 226.6092%, 相对于月销售修正值仅按每月实际天数还原后的分预测精度降低 107.2575%, 说明每月实际天数、春运因子、停车检修因子及小修因子在 JX 地区 6 个月分预测中未起作用, 提取这些因子对 JX 地区分预测精度将会有负影响。究其原因, 可能主要是 JX 地区的历史影响因子在其 2007 年 1 月 - 6 月的月销售中不再适用, 例如其 2007 年 6 月份的月销售额未受小修 2 天因子的影响, 这可能是因为其当月销售额依然较小而使企业的华南分公司确保供应其需求数量。

#### 4.3.3 6 个月合并预测误差与横向精度分析

定义预测的横向精度分析, 是利用所提取的不同因子对月销售额采取与因子相关的不同方法对修正值的预测量进行不同程度还原, 得到不同分序列的不同预测值并合并后与其合计月销售原值的比较误差, 再进一步比对其预测精度水平。横向精度分析有利于得到影响因子在分预测值合并后所构成的总预测值中的贡献率。

计算可知: ①按每月实际天数、春运因子、停车检修因子及小修因子还原并合并后的 6 个月不同地区预测值之和的精度相对于不同地区月销售原值合并后的预测精度提高 51.4063%, 相对于不同地区月销售修正值不还原并合并后的预测精度提高 49.8502%, 相对于不同地区月销售修正值仅按每月实际天数还原并合并后的预测精度提高 33.5223%。这说明每月实际天数、春运因子、停车检修因子及小修因子在 6 个月合并预测中起了作用, 正确识别并提取所有因子对合并预测精度的提高将会有最大帮助。②仅按每月实际天数因子还原并合并后的 6 个月不同地区预测值之和的精度相对于不同地区月销售原值合并后的预测精度提高 26.9023%, 相对于不同地区月销售修正值不还原并合并后的预测精度提高 24.5614%。这说明每月实际天数因子在 6 个月合并预测中起了作用, 正确识别并提取部分因子对合并预测精度的提高将会有一些帮助。③不同地区月销售修正值不还原并合并后的 6 个月预测精度相对于不同地区月销售原值合并后的预测精度提高 3.1030%, 说明月销售额的数据修正在 6 个月合并预测中起了作用, 数据修正对合并预测精度的提高将会有一定帮助。

## 5 结论

20 世纪 90 年代中期, 人们发现供应链存在需求放大的牛鞭效应, 随着对此问题的逐步深入研究, 开始出现协同预测理论与方法以期减弱或消除牛鞭效应所带来的影响。

供应链的需求与销售是分层次的, 对于不同来源及级别的预测对象, 可能存在相同的影响因子类别却具有不同的影响值。于是, 可将供应链需求与销售预测按层级划分, 在相同的层级中再按同级需求与销售来源划分, 在此基础上以逐层向上的方向进行预测并在预测中分别加入不同来源影响因子的影响量。这样, 就可同级点上以不同需求与销售来源作预测, 在上级点上以不同下级点为基础作预测, 逐级向上得到所希望级别的总预测。此时, 可将这种预测方式称之为基于影响因子的供应链协同预测。

基于影响因子的供应链协同预测理论与方法的实质就是, 将供应链需求与销售预测按层级划分, 在相同层级中再按不同区域来源划分, 逐级向上进行预测, 即对不同来源及不同级别的对象, 分别抽取直接相关的影响因子并在预测中加以利用。

通过实证研究发现: 提取了全部或部分销售影响因子并将其在预测值中还原后, 可提高单区域或多区域

销售预测值的精度;提取全部影响因子比提取部分影响因子对销售预测精度的提高有更大帮助;对于供应链企业的销售虽然存在相同的影响因子,但其对于不同区域的下游企业却表现出不同的影响,即对于供应链企业的下游企业存在相同的影响因子却有不同影响因子值;这种不同的影响因子值可以通过对不同区域的企业历史销售来获得;以单区域影响因子值来还原单区域的预测值后,可以大大提高单区域供应链企业销售的预测值,也有利于满足单区域的产品定制需求;以单区域影响因子值为基础所获得的多区域预测合并值的精度,比以多区域总影响因子值为基础所获得的多区域总预测值的精度要高.其可能的解释是多区域的总影响因子在计算过程中湮灭掉了不同区域的各自特性,而这些特性对于不同区域的销售预测却是非常重要的;发现某些区域的企业销售及其预测存在例外情况,即销售预测值未受某些影响因子的影响,其可能的解释是生产企业采取了措施而使局部地区实际销售值的变化状况不同于全局其它地区实际销售值的变化状况;发现数据修正对预测精度的提高会有帮助.

通过实证研究,认为对于供应链企业的销售预测,提取其全部影响因子非常重要,这些影响因子可能来源于生产企业,也可能来源于需求单位,或生产企业与需求单位共同产生的销售影响量.在不能确定影响因子的真正来源或影响因子存在混合来源时,直接从历史销售数据中提取影响因子并加以利用可以提高供应链企业的销售预测精度.

所有结果表明:正确提取全部或部分影响因子并还原对各地区或全部地区月销售额的分预测及总预测精度的提高将会有帮助,数据修正对各地区或全部地区月销售额的分预测及总预测精度的提高将会有有一定帮助.

对于从华南地区分公司数据中所得到的这种方法,可应用于其它分公司及 ABC 公司整体,以提升企业的产品生产、销售与补货的策略及战略规划能力.同样,这种方法可进而推广至供应链的全部企业.

在这种协同预测的方法下,供应链的分销商或最终用户的销售状况可以向上传递,生产企业的生产、储运或其它状况可以向下传递,即以影响因子作为纽带将供应链企业视为一个整体来进行销售预测研究.

## 参考文献

- [1] Lee H L, Padmanabhan V, Whang S. Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect[J]. *Management Science*, 1997, 43(4): 546-558.
- [2] Bartezzaghi E, Spina G, Verganti R. Lead-time models of business processes[J]. *International Journal of Operations & Production Management*, 1994, 14(5): 5-20.
- [3] Raghunathan S. Interorganizational collaborative forecasting and replenishment systems and supply chain implications[J]. *Decision Sciences*, 1999, 30(4): 1053-1071.
- [4] Raghunathan S. Information sharing in a supply chain: A note on its value when demand is nonstationary[J]. *Management Science*, 2001, 47(4): 605-610.
- [5] Helms M M, Ettkin L P, Chapman S. Supply chain forecasting: Collaborative forecasting supports supply chain management[J]. *Business Process Management Journal*, 2000, 6(5): 392-407.
- [6] Achabal D D, McIntyre S H, Smith S A, et al. A decision support system for vendor-managed inventory[J]. *Journal of Retailing*, 2000, 76(4): 430-454.
- [7] Aviv Y. The effect of collaborative forecasting on supply chain performance[J]. *Management Science*, 2001, 47(10): 1326-1343.
- [8] Aviv Y. Gaining benefits from joint forecasting and replenishment processes: The case of auto-correlated demand[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2002, 4(1): 55-74.
- [9] Zhao X, Xie J, Leung J. The impact of forecasting model selection on the value of information sharing in a supply chain[J]. *European Journal of Operational Research*, 2002, 142(2): 321-344.
- [10] Holmström J, Främling K, Kaipia R, et al. Collaborative planning forecasting and replenishment: New solutions needed for mass collaboration[J]. *International Journal of Supply Chain Management*, 2002, 7(3): 136-145.
- [11] Simchi-Levi D, Kaminsky P, Simchi-Levi E. *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies*[M]. Boston: Irwin/McGraw-Hill, 2003.
- [12] Tyan J, Wee H M. Vendor managed inventory: A survey of the taiwanese grocery industry[J]. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 2003, 9(1): 11-18.
- [13] Smáros J. Forecasting collaboration in the European grocery sector: Observations from a case study[J]. *Journal of Operations Management*, 2007, 25(3): 702-716.