

# 供应链中资金流的风险传递预测模型构建

李存斌(教授) 熊雪琴 陈文俊

(华北电力大学经济与管理学院 北京 102206)

**【摘要】** 经济发展使供应链中企业间的联系日趋紧密,仅关注企业内部风险已不能应对日趋复杂的经济环境。本文基于风险元传递理论,研究供应链中企业的财务风险如何在上下游企业之间通过资金流传递。将现金周转中的存货时间和应收账款时间看作风险元,采用灰色系统GM(1,1)模型对存货时间值进行预测,并分析了在存货时间影响下、服从泊松分布的应收账款风险,从而建立了风险沿着资金流传递的模型。结合企业实际案例,对资金风险在供应链上的传递进行了定量分析,证实了模型的有效性,建立的模型可以用来预测供应链系统中的资金流风险。

**【关键词】** 风险传递 现金周转 供应链 灰色预测

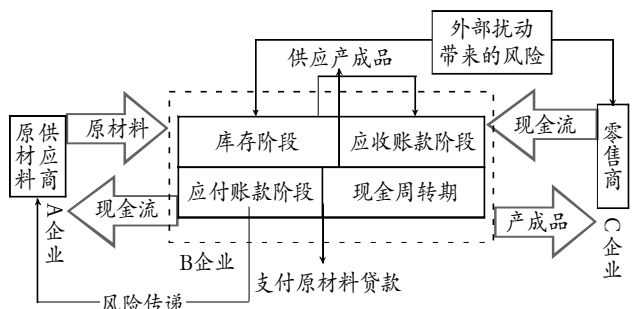
在经济快速发展的今天,企业之间的联系日趋密切,担任产供销角色的上下游企业逐渐形成一个利益链,也就是供应链系统。供应链中的企业要受到外部扰动的影响,同时也会将这种影响传递到关联的企业。供应链里企业间的关联性主要通过的信息流、物流和资金流形成的。现有的文献和研究主要关注于信息流和物流,针对资金流领域的研究相对较少,系统讨论供应链中风险的传递形式的文献几乎没有。

现金周转中涉及应收账款、应付账款和存货,其中,应收账款代表与下游企业的资金联系,而应付账款代表了企业与上游企业的联系,则现金周转关系揭示了供应链中企业的资金联系。这为本文研究供应链中的单个企业如何将外界扰动通过资金流在上下游企业之间传递提供了切入点。

## 一、供应链的风险元传递理论

风险元是指在某一特定环境、特定时间段内对具体实际结果产生影响的不确定性因素,项目风险管理中通过风险元在不同领域传递的途径和作用方式,建立起风险传递模型。由于供应链中企业具有层级关系,传统的风险辨识方法仅能识别单个企业内部的风险因素,不能揭示风险在企业之间的传递机理,因此基于风险元传递理论对整个供应链中的风险传递机理进行研究是很有必要的。

本文以制造企业为中心,说明由原料的供应商、产品生产厂商、产品销售商构成的供应链的风险传递过程。在典型的由上游到下游的A→B→C三层式供应链系统中,下游企业风险通过资金流动影响并传递给上游企业。假定A企业为原料供应商,B企业为产品制造商,C为零售商。物流由A企业流向B企业导致应付账款的形成,B企业流向C企业导致应收账款的形成,从而有了一条反向的资金链。外部不利扰动直接影响零售商C的产品销量,导致库存时间增长、应收账款回收困难,进而影响B企业的现金周转。B企业资金周转出现困难后导致无法准时支付给A企业的应付账款,由此风险元形成了自下而上的传递,详见右图。



现金周转风险传递示意图

现金周转期和应付账款阶段时间之和等于存货阶段和应收账款阶段时间之和。其中,应付账款是由企业内部资金运用所决定的,因此,本文将存货时间和应收款时间作为风险元来研究其在供应链中的传递效应。

## 二、供应链的资金风险元传递模型

**1. 存货风险元的量化模型。**制造业中的存货一般占有大量的资金,企业需要密切关注库存水平,及时做出动态决策。库存时间的波动性受多种因素的影响,如金融危机、流行趋势导向、消费理念的转变等。本文采用灰色系统理论对存在多种不确定性因素影响的库存时间进行量化预测。

灰色预测模型GM(1,1)基于人们对系统演化不确定性特征的认识,运用序列算子等变换对原始数据进行处理,进而挖掘系统演化规律、建立灰色系统模型来预测系统未来状态。对库存时间风险元的进行预测时,设库存时间的原始序列为: $X^{(0)}=(X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n))$ ,完成对原始数据进行处理,用处理过的数据生成1-AGO序列:

$$X^{(0)}=(X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)) \quad (1)$$

设它的白化方程为:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)}=b \quad (2)$$

则GM(1,1)模型的时间响应序列为:

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-ak} + \frac{b}{a}, k=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\text{其中}, [a, b]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (4)$$

$$Y = (X_2^{(0)}, X_3^{(0)}, \dots, X_n^{(0)})^T$$

$$z^{(1)}(k) = \frac{1}{2} (x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)), k=2, 3, \dots, n$$

$$B^T = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & -z^{(1)}(3) & \dots & -z^{(1)}(n) \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

进而可以求得:

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k) \quad (5)$$

接下来对建立的预测模型进行检验,不符合要求的再进行相应的数据处理,最后得到对预测的库存时间值 $t_s$ ,其表达式为:

$$t_s = \hat{x}^{(0)}(n+1) + \hat{\Delta}^{(0)}(n+1) \quad (6)$$

其中 $\hat{\Delta}^{(0)}$ 为残差数列。

**2. 应收账款风险元的量化模型。**应收账款的时间是影响现金周转期的另一个重要因素。在经济社会中,商家都倾向于晚付款,本文用具有偏峰特征的离散型泊松分布来描述众多零售商还款的特征,为简化问题,将零售商的应付款项数额用平均应付账款代替。设 $T$ 表示中游企业B给予零售商的信用期限,根据泊松分布的性质,用公式 $T^0 = T/n$ 对信用期限进行放缩,即把 $n$ 天看作是单位时间。 $x$ 表示距离信用期限末有多少个时间单位,则账款回收时间的泊松分布的概率表示为:

$$p(x) = \frac{e^{-u} u^x}{x!} \quad (7)$$

对于不同的参数 $u$ ,公式(7)的概率分布图差别很大。随着 $u$ 值变大,泊松分布渐渐类似于正态分布。其中,参数 $u$ 值的确定是关键。外部扰动首先作用在库存时间这个变量上,库存时间变长代表经济环境变差,应收账款回收时间也会相应变长,可知 $u$ 和 $t_s$ 呈负相关性,如公式(8)所示:

$$u = \begin{cases} \frac{a}{(t_s - T_s) * b + 1}, & t_s > T_s \\ a, & t_s \leq T_s \end{cases} \quad (8)$$

其中 $T_s$ 是安全库存时间, $a, b > 0$ 。

本文用概率分布中的最大概率所对应的时间表示应收账款的时间。假设 $\max(P(x))$ 对应的 $x$ 值为 $x_1$ ,零售商们的违约率为应收账款回收期的增函数,其中 $\gamma$ 表示违约率的增长系数。建立应收账款风险 $t_r$ 模型,如公式(9)所示:

$$t_r = [1 + \gamma(T_0 - x_1)](T_0 - x_1)n \quad (9)$$

**3. 风险元在供应链上的传递。**已知存货和应收账款风险元的值 $t_s$ 和 $t_r$ ,若来自上游企业A的应付账款时间的信用期限为 $T_A$ ,则中游企业B的现金周转期的时间可以获得,公式为:

$$t_c = t_s + t_r - T_A \quad (10)$$

现金周转期的时间越长则占用的资金越多,随着资金占用的增加,企业筹资能力也随之而降低,那么企业的运营风险会呈指数倍增长。假定安全现金周转期的上限时间为 $T_c$ ,则风险值可表示为:

$$y(t_c) = \begin{cases} \alpha(e^{\beta(t_c - T_c)} - 1), & t_c > T_c \\ 0, & t_c \leq T_c \end{cases} \quad (11)$$

其中,变量 $t_c$ 和 $T_c$ 均大于0。

当 $y(t_c)$ 值很大的时候,应付账款必然出现拖欠。B企业对A企业越重要,A受影响越深,也因此形成了风险由市场传递到上游企业的过程。

### 三、案例分析

假设在A→B→C型的供应链中,上游企业给予其下游企业的应收账款的信用期限均为30天,中游企业B的库存时间和现金周转期的安全上限都为50天。为预测企业B下一阶段库存时间的长短,本文给出了企业B近5个阶段的库存时间数据,序列如下: $X = (32, 41, 50, 52, 60)$

对数据无量纲化处理后,得到初始序列。针对库存时间建立的GM(1,1)预测模型的时间响应序列为: $x^{(1)}(k+1) = 22.72e^{0.056k} - 21.72$

对建立的预测模型进行检验时发现数据不符合要求,需再对残差序列建立GM(1,1)预测模型,进而得到 $\hat{x}^{(1)}(6) = 6.7042$ ,所以 $\hat{x}^{(0)}(6) = 1.6372$ ,则库存在下一阶段的预测值为 $t_s = 32 \times (1.6372 + 0.3) \approx 62$ (天)。

已知企业B给零售商的信用期限为30天, $a, b, \gamma$ 的值根据以往的统计资料可以估算出来,假设为 $a=4, b=0.1, \gamma=0.02$ ,根据公式(8)得:

$$u = \frac{4}{(62-50) \times 0.1 + 1} \approx 1.82$$

用MATLAB计算出 $\max(P(x))$ 对应的值为1,进而求得:

$$t_r = [1 + 0.02(10-1)](10-1) \times 3 \approx 32$$

则应收账款的时间为32天。因此,整个现金占用的时间为94天。可以看出,B企业的风险呈指数型上升,因此A企业要结合自身的情况,制定相应策略来防范这一风险。

### 四、结论

处在供应链中的企业,其所面临的风险不仅仅来自于企业本身,还可能来自于供应链的上游或下游企业。本文以中游企业的现金周转期为切入点,发现了多个企业在供应链系统中的资金关系,并运用灰色模型GM(1,1)预测出库存时间,以偏峰的泊松分布求解应收账款的回收时间,进而得到现金周转期的时间。现金周转期的时间越长,企业面临的资金压力越大,则不止企业本身,其上游企业都将面临一定的风险性。最后,本文以算例形式说明这种传递现象的确存在,而且下游企业的风险在向上传递时还有放大的效应,需要及时加以控制。

**【注】**本文系国家自然科学基金资助项目“项目链风险元传递理论及应用”(项目编号:71071054)的研究成果。

#### 主要参考文献

1. 张玉林,陈剑.供应链中基于Stackelberg博弈的信息共享协调问题研究.管理工程学报,2004;18
2. 周雄伟,马费成.需求不确定环境下的供应链信息共享激励模型.管理工程学报,2010;24
3. 邵晓峰,黄培清,季建华.供应链中供需双方合作批量模型的研究.管理工程学报,2001;15
4. Anupindi R, Bassok Y. Analysis of supply contracts with total minimum commitment. IIE Transactions, 1997;29