

文章编号:1005-9679(2019)01-0099-08

基于神经网络的汽车供应链风险评估研究

潘 盟 张建同 陈晓东 杜 娟

(同济大学经济与管理学院,上海 200092)

摘要: 汽车供应链具有节点企业多、链条长、节点企业间关联度高、技术和资金密集等特点,在竞争白热化、需求多样化的市场背景下,更易受到不确定因素影响,且风险引发后往往损失巨大。依托上海汽车集团及其合作企业进行问卷调查,创造性地将机器学习领域的反向传播神经网络运用于潜在风险因素的重要程度评价,结果显示高风险指标集中于供应商和制造商两段,其中制造商的生产风险、意外风险和财务风险以及供应商的战略风险对汽车供应链整体风险的影响最为显著。不仅从理论上丰富了供应链风险管理的技术方法,同时以中国最大汽车集团——上汽集团的风险评估状况为典型代表,为中国汽车产业供应链的风险防范和安全运转提供具有实践意义的操作建议和决策支持。

关键词: 供应链风险评估;汽车供应链;反向传播神经网络(BP神经网络)

中图分类号: C 935 **文献标志码:** A

A study on risk assessment of automotive supply chain based on neural network

PAN Meng ZHANG Jiantong CHEN Xiaodong DU Juan

(School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The competitiveness of a supply chain greatly depends on the risk control ability in supply chain management. Due to such features as many partners involved, a long chain, high correlation between company nodes, and capital and technology intensiveness, the automotive supply chain is more susceptible to uncertain factors, which may lead to huge losses. Focusing on the risk assessment of automotive supply chain, first-hand data are obtained by questionnaire survey from the Shanghai Automotive Group (SAC) and its cooperative enterprises. Then the back propagation (BP) neural network is creatively applied in assessing and ranking the potential risk factors. The results show that the high risk indicators are mainly concentrated in the supplier and the manufacturer. Specifically, the manufacturer's production risk, accidental risk and financial risk as well as the supplier's strategic risk have the most significant impact on the overall risk of the automotive supply chain. The main contributions consist of two aspects: one is that the BP neural network is applied to risk assessment of automotive supply chain for the first time, which theoretically enriches and expands the methodologies for supply chain risk management; the other is that the risk status evaluated from the Shanghai Automotive Group, which is the largest one in China, could provide management implications and decision support for risk prevention and safe operation of China's auto-

收稿日期:2018-12-04

基金项目:国家自然科学基金面上项目(71471133);国家自然科学基金重点项目(71532015);国家自然科学基金重点项目(71432007)

作者简介:潘盟(1995—),男,湖北襄阳人,同济大学经济与管理学院在读硕士生,研究方向:机器学习,数据包络分析,E-mail:meng.pan@tongji.edu.cn;张建同(1966—),女,北京人,同济大学经济与管理学院教授,博士生导师,研究方向:物流与供应链管理、服务运营管理、质量管理、应用统计,E-mail:zhangjiantong@tongji.edu.cn;陈晓东(1977—),男,上海人,上海汽车集团股份有限公司下属华域汽车公司财务总监,博士,研究方向:汽车供应链风险评估;杜娟(1984—),女,安徽合肥人,同济大学经济与管理学院副教授,博士生导师,研究方向:数据包络分析、决策与优化、多目标决策系统。

motive supply chain.

Key words: supply chain risk assessment; automotive supply chain; back propagation (BP) neural network

0 引言

供应链的协作方式通过在物理、逻辑及资金流层面上的合作,实现将上、中、下游所有节点企业纳入同一网链结构中,以更好地满足消费者需求并实现共同增加附加值。供应链管理日益成为企业获取竞争优势的核心手段之一,供应链系统的竞争力在很大程度上取决于供应链管理过程中对各类风险的控制能力。伴随全球经济一体化进程的快速推进,来自内外部的不确定因素层出不穷,供应链系统面临与日俱增的风险,影响其持续安全运作和满足客户的能力。Tang 认为供应链风险需要满足以下两个要素:一是事件发生的概率很低,二是事件发生后给供应链节点企业造成极大损失。供应链风险一般很难量化和预测,因此也给相关风险控制人员带来了挑战。汽车供应链的情况尤为复杂,具有节点企业多、链条长、节点企业间关联程度高、技术和资金密集等特点。一般认为,汽车供应链流程包括上游供应商(细分为原材料供应商和零部件制造商)、中游整车制造商,以及下游经销商。基于上述特点,汽车供应链在竞争白热化、需求多样化的市场背景下,更容易受到各类不确定因素的影响,并且风险所引发的损失更加严重。例如,福特汽车在全球拥有超过 50 家分公司,其上游零部件和原材料供应商多达数十层,每层包含数千家关联企业。2011 年位于泰国的一家原材料供应商突然倒闭,给福特汽车整个供应链的正常运作造成了极大的负面影响。在财务方面,汽车产业逐渐形成了上游企业占用下游企业大比例运营资金的经营模式常态,由此存在大量信用交易堆积、企业间大规模债权债务和金融机构外部融资等现象,加大了汽车制造企业的财务杠杆率,增加了汽车供应链债务风险爆发的可能性。

供应链的风险管理一般分为风险识别、风险评估、风险预警和风险转移四个阶段。本研究旨在针对已经建立的汽车供应链中的风险指标体系,对潜在风险因素进行量化评估,从而抓住主要矛盾、定位供应链系统中的薄弱环节,协助企业风险管理制定防范措施、实现事前控制,及时有效地管控风险。目前,国内外学者对于供应链风险评估的主要研究思路是先建立一套可量化指标体系,再运用各种分析工具进行评估,包括贝叶斯网络、层次分析法、

FMEA(Failure Mode and Effect Analysis)、CVaR 模型、模糊综合评判法等。金融工程中著名的 VaR (Value at Risk)模型开创了供应链风险量化研究的先河,提供了统一且可度量的风险框架,也为当时的工业界带来了巨大的经济利益。然而,VaR 模型也存在自身难以克服的缺点:不满足次可加性、计算结果欠稳定、缺少对损失巨大的小概率事件的估计等。作为对 VaR 模型的改进,CVaR(Conditional Value at Risk)模型应运而生,它具有优良的数学性质、满足次可加性和凸性,可以直接通过线性规划求解,为控制损失巨大的小概率风险提供了系统的理论指导,并且对数据分布没有预先假定。但是在实际操作中,CVaR 模型主要用于评估资产主体的信用风险,供应链风险管理由于其自身对外界环境的敏感性,需要更加适合其特殊性的方法。基于贝叶斯概率的贝叶斯网络被应用于供应链风险因素的识别与评估中,取得了较好的效果,然而贝叶斯网络存在拟合泛化能力不强的不足。周艳菊等针对供应链风险管理中关于风险识别、风险评估、风险预警的主要研究进展进行了梳理和分析,表明加强量化的风险评估研究是供应链风险管理的重要组成部分。机器学习模型如支持向量机、神经网络等已经被证明可以通过训练来拟合任何线性或非线性函数,从而在近年开始被逐渐运用于各类风险评估问题,例如乳制品供应链质量风险评估、农超对接新型供应链绩效评价体系、基于供应链的企业信贷风险评估、商业银行信用风险评估、银行贷款风险管理、软件项目风险预测等。

神经网络是基于生物学中神经元这一概念所创造的一种机器学习系统。在人工神经网络中,神经元之间相互连接的权重被视作不同参数,为完成特定计算任务,神经网络会模仿生物学机理对相应参数进行修正。最初的神经网络结构仅包含输入层和输出层,只能学习线性模型,之后出现带有隐含层的神经网络,即在输入层和输出层之间还存在其他神经元传递信息。人工神经网络可以有效处理以下经典任务:分类问题,例如根据客户消费属性对客户进行分类;模式识别问题,例如对图像进行特征提取;预测问题,例如对产品成本进行区间估计的智能预测,并在预测基础上研究产品报价风险。然而,神经网络在供应链风险管理领域的应用才刚刚起步,汽

车供应链的风险评估目前尚无前人成果。

本研究依托上海汽车(上汽)集团及其合作企业进行问卷调查并获取数据,创造性地采用机器学习领域的反向传播神经网络(BP 神经网络)作为理论模型,针对已经识别的潜在风险因素进行重要程度评分,根据分值大小有效定位供应链系统中的薄弱环节,实现事前有针对性的风险管控,为实际运作中汽车供应链风险防范措施的制定和应急处理机制的建立提供决策依据,尽可能减少风险发生对企业造成的损失。结果显示高风险指标集中于供应商和制造商两段,其中制造商的生产风险、意外风险和财务风险,以及供应商的战略风险对汽车供应链整体风险的影响最为显著。本研究首次将人工神经网络运用于汽车供应链风险评价,从理论上丰富和拓展了供应链风险管理的技术方法,同时以中国最大的汽车集团——上汽集团的风险评估状况作为典型代表,为中国汽车产业供应链的风险防范管控和高效安全运转提供了具有实践意义的操作建议和决策支持。

1 神经网络的结构与算法

人工神经网络系统通常包括两部分:一是神经网络的结构,比如隐含层数量、各隐含层中神经元个数、各神经元所使用的激活函数、各网络层之间的连接方式等;二是训练神经网络的算法,即每次迭代时通过何种算法来修正各链接的权重值。一个完整的人工神经网络模型由预先设定的神经网络结构合并网络中各神经元间的连接权重所共同构成。一般情况下,神经网络的基本结构在训练前由人工设定并在训练过程中保持不变,而模型参数即连接神经元的权重值,在训练过程的每次迭代中则会不断被修改。

人工神经网络的神经元是一个由多元函数表示的计算单元,从其输入神经元处得到 n 维输入,经过函数运算后将 1 维输出传递给其输出神经元。常用的神经元计算函数包括以下四种,其中 x 代表该神经元加权求和后的输入值。

线性函数: $f(x) = x$; 阶跃函数: $f(x) =$

$$\begin{cases} -1, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}; \text{ReLU 函数: } f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ x, & x > 0 \end{cases};$$

SoftMax 函数: $f(x) = \frac{e^{x_j}}{\sum_{i=1}^k e^{x_i}}, j = 1, \dots, k$; Sig-

$$\text{moid 函数: } f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}.$$

神经网络的拓扑结构即各神经元之间的连接方

式是人工神经网络系统的另一重要组成部分,常用拓扑结构有分层连接与全连接两类。在神经网络应用于具体问题之前,需要选定一个合适的算法来训练各神经元之间的连接权重。这一算法被称为训练算法或学习算法,通常分为监督性算法、非监督算法和增强学习算法三类。监督性算法精确度较高,但实际应用中人工成本较高;非监督算法没有人为事先干预、可以节省大量人力资源,但准确率较低,一般用于数据预处理和数据挖掘;增强学习算法通过预先提供的奖励函数和惩罚函数对迭代结果进行评价,引导模型不断修正连接权重,一般用于需要与外界进行实时交互的智能系统中。

由于数学上已经证明,三层神经网络可以拟合任何复杂度的线性或非线性映射关系,故本文使用带有一层隐含层的网络结构,即多层感知器,并采用反向传播(Back Propagation, BP)算法作为连接权重的训练算法。多层感知器是一种监督性算法,给定训练集,便可从此训练集上学习到自变量与因变量之间的映射关系。本文使用典型的三层结构神经网络,分别为输入层、隐含层和输出层。其中,输入层包含 m 个神经元,对应 m 个输入特征,输出层神经元个数的选择规则如下:当 $y \in (\text{实数域})$ 时,输出层包含一个神经元;当 $y \in \{0, 1\}$ 时,输出层包含一个神经元;当 $y \in \{1, 2, \dots, k\}$ 且 $k > 2$ 时,输出层包含 k 个神经元。隐含层层数与各网络层之间连接方式的选择属于神经网络的结构问题,该类问题暂时没有统一的理论基础,现有方法都是依据研究者经验进行初始化选择,然后利用交叉验证使得整个网络效果达到局部最优。

本研究使用 BP 神经网络这一经典拓扑结构来拟合各风险因素发生的期望损失值与供应链整体风险值之间的关系。所谓风险因素的期望损失值是指该风险因素发生的可能性和其发生所造成损失值的乘积,在此基础上量化各风险因素对供应链整体风险的贡献值,评估各风险因素的重要程度。在本文的网络结构中,每层神经元只能同相邻层神经元进行点对点连接,通过最小化模型的实际输出值与期望输出值之差的平方和来寻找整个网络的最优权重组合。

2 数据收集与指标体系

本研究共邀请 134 位汽车供应链领域的专家分别独立对 50 个风险因素进行评分,评分标准包含以下三类:(1)每个风险因素在该专家所在供应链发生的可能性;(2)该风险发生后对该专家所在供应链的影响程度;(3)专家所在供应链的总体风险情况。选

取专家均来自上汽集团汽车供应链的相关企业,所属部门涉及整车制造公司与有业务往来的供应链上下游企业,基本覆盖整条供应链,对当前中国汽车行业具有较好的代表性和较高的参考价值。共发放问卷 134 份,回收问卷 134 份,其中有效问卷 104 份,符合大样本条件,可进行问卷分析。有效问卷中,28 位专家具有硕士以上学历,91 位专家具有本科以上学历,大专及以上学历仅占 12.5%,说明被调查者整体受教育程度较高;9 位专家具有高级职称;专家的任职资历跨度较大,从最短的刚参加工作到最长的近四十年,四分之三以上的专家工作年限在 5~25 年,说明被调查者拥有较丰富的实践经验,对于汽车供应链的运作情况比较熟悉和了解,因此对风险的判断和评估也是较为准确的。

本文选用表 1 所示的 50 个风险因素来衡量汽

车供应链的整体风险。对于每一个风险因素,每位受访专家都会对以下两个指标进行评估:一是该风险发生的可能性,二是该风险一旦发生对其所在供应链的损害程度。对于风险发生的可能性,评估选项为从基本无可能到非常有可能的 1~5 五档;对于风险发生的影响程度,评估选项为从几乎无影响到影响很严重的 1~5 五档。在回收的 134 份问卷中,有部分问卷存在信息缺失,对于此类问卷,根据不同的缺失情况采取不同的处理方式:若专家基本信息缺失,因为无法确定被采访者的真实身份,故作废该问卷;若某问卷评价项缺失率在 50%以上或所在供应链整体风险评估缺失,则该问卷作废。经过上述处理,本文最终使用的有效问卷为 104 份。

表 1 汽车供应链风险因素

一级指标		二级指标		
B1. 供应商	B1-1. 财务风险	B1-1-1. 通货膨胀	B1-1-2. 石油、重金属等重要资源涨价	
		B1-1-3. 汇率波动	B1-1-4. 生产成本增加	
		B1-1-5. 金融危机爆发		
	B1-2. 生产风险	B1-2-1. 产品合格率低	B1-2-2. 机械设备老旧,生产效率低	
		B1-2-3. 设备柔性低,转产能力差		
	B1-3. 战略风险	B1-3-1. 需求预测错误	B1-3-2. 科技市场变化,零件更新换代	
		B1-3-3. 与下游制造商合作关系断裂		
	B1-4. 意外风险	B1-4-1. 仓库或工厂意外爆炸	B1-4-2. 产线意外事故	
		B1-4-3. 操作工流失	B1-4-4. 零件配送过程意外	
	B2. 制造商	B2-1. 采购风险	B2-1-1. 上游主要供应商破产	B2-1-2. 与供应商合作关系破裂
			B2-1-3. 企业财务状况不良	B2-1-4. 供应商产品质量不合格
			B2-1-5. 供应商未能及时供货	
B2-2. 财务风险			B2-2-1. 企业库存成本高,资金积压	B2-2-2. 石油等重要生产资源价格上涨
			B2-2-3. 汇率波动	B2-2-4. 生产成本增加
B2-3. 生产风险		B2-2-5. 金融危机爆发		
		B2-3-1. 产线生产效率低下	B2-3-2. 主要零部件库存不足	
		B2-3-3. 设备柔性低,转产能力差	B2-3-4. 零部件标准化程度低,替换困难	
B2-4. 战略风险		B2-3-5. 新产品生产技术不成熟		
		B2-4-1. 市场需求预计出错	B2-4-2. 顾客喜好改变	
B2-5. 意外风险		B2-4-3. 研发能力低下,新产品竞争力不足	B2-4-4. 国家宏观调控政策变化	
		B2-5-1. 仓库出现爆炸、火灾等意外	B2-5-2. 产线安全生产意外	
	B2-5-3. 汽车大批故障,发生召回			
	B3. 分销商	B3-1-1. 资金链断裂	B3-1-2. 产品积压,造成资金滞留	
		B3-2-1. 客户服务差,评价低	B3-2-2. 客户喜好预测错误	
B3-3. 道德风险	B3-3-1. 客户违约风险			
	B3-4. 物流风险	B3-4-1. 运输过程风险	B3-4-2. 运输技术风险	
		B3-4-3. 运输路线风险		
	B3-5. 战略风险	B3-5-1. 顾客需求预计出错	B3-5-2. 国家宏观调控政策变化	
		B4. 消费者	B4-1. 选择风险	B4-4-2. 服务满意度低
B4-4-1. 顾客喜好习惯改变,如品牌/车型	B4-4-3. 购车资金储备不足			

3 评估结果分析

上述有效数据集经过 BP 神经网络模型训练后

得到的结果将分为两部分进行分析与解释:一是模型的准确度分析,二是评估结果在实务运作中的具体解读。由于可处理数据量并不多,不可能专门分

离出一部分数据来做测试集,为最大程度挖掘现有数据的潜在价值,模型的准确度分析采用交叉验证法。训练完毕的神经网络模型中包含各层神经元之间的连接权重,如果某神经元与其下层神经元之间的连接权重为正数且数值越大,则其对下层连接神经元的贡献越大,反之则贡献越小。在最终学习完毕的神经网络中,每个输入层的神经元与输出层的神经元之间都存在若干条连接路径,通过综合对比不同权重,可以将各风险因素按照其对整条供应链风险的贡献程度进行排序,进而定位出对于整条汽车供应链风险管理具有显著影响的风险因素,有效地为风险防范和管控提供科学参考和决策依据。

神经网络模型中很多参数需要手动调整,比如隐含层神经元个数、最大迭代次数、学习率等,虽然已有很多学者致力于神经网络参数的研究,但至今尚无系统的理论框架来指导参数选取,而是在很大程度上依赖于使用者的个人经验。本文采用了一个简单却在大多数情况下非常有效的方法——遍历法,这一方法除了可行域由使用者事先给定以外,其余与梯度下降法基本类似。其基本思路如下:事先给出每个待定参数的离散可行域,在考虑学习率的可行集合中选取最优解,然后根据梯度下降法思想,每次迭代后将参数更新为其梯度下降最陡峭方向的候选值。

本文将 104 份有效数据中的 80% 作为训练集,并使用 BP 算法来训练模型,得到神经网络各神经元连接的权重参数,然后将剩下的 20% 可用数据作为测试集,检验本文所得到模型的泛化效果。最终,本文模型的训练误差为 4.743%,测试误差为 7.757%,在可接受范围以内。另外,值得一提的是,在本文神经网络模型分类错误的实例中,其供应链整体风险的真实值较模型输出值偏小,并没有出现将真实值较大的实例预测为风险值较小的情况。这是一种相对比较理想的预测效果,因为在供应链风险管理实践中,将实际风险值较低的供应链预测为高风险的惩罚项要显著低于将实际高风险预测为低风险,如后者一旦发生,该供应链潜在风险由于未被足够重视而无法提前进行针对性管控,从而极有可能导致整个供应链的破坏和崩溃。

本文所得到的 BP 神经网络模型的优化参数如下:

隐含层层数:1 层;隐含层神经元个数:30 个;输入层神经元激活函数:线性函数;隐含层神经元激活函数:ReLU 函数;输出层神经元激活函数:SoftMax 函数;学习率:0.005;输入层与隐含层间连

接方式:全连接;隐含层与输出层间连接方式:全连接。在上述参数设置环境下,BP 神经网络模型的训练误差和测试误差的迭代结果如图 1 所示:

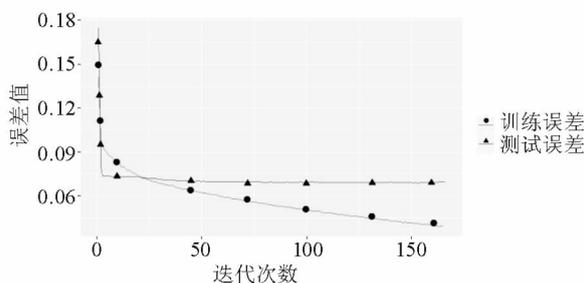


图 1 训练误差与测试误差的迭代结果

根据 BP 算法训练得到的神经网络模型中各连接权重,输入层中每个神经元与输出层中每个神经元都存在若干路径,将这些路径的权重相乘即获得各个风险因素对供应链整体风险的影响程度。根据这一影响程度从高到低将识别出的 15 个一级风险指标和 50 个二级风险因素进行排序,结果如表 2 和表 3 所示。

从表 2 中的一级风险指标的评价结果可以发现,高风险指标主要集中于供应商和制造商两段,而消费者的选择风险与分销商的战略风险则基本可以认为对汽车供应链整体风险的影响微乎其微。具体来看,制造商的生产风险、意外风险和财务风险,以及供应商的战略风险对汽车供应链整体风险的影响程度最为显著,均在 0.75 以上。

表 2 一级风险指标的影响程度

一级风险指标	影响程度	一级风险指标	影响程度
B2-3. 制造商生产风险	1	B1-1. 供应商财务风险	0.5820
B2-5. 制造商意外风险	0.8360	B3-3. 分销商道德风险	0.5332
B1-3. 供应商战略风险	0.7659	B2-4. 制造商战略风险	0.5063
B2-2. 制造商财务风险	0.7528	B3-2. 分销商市场风险	0.4912
B3-4. 分销商物流风险	0.7074	B2-1. 制造商采购风险	0.3100
B1-4. 供应商意外风险	0.6712	B4-1. 消费者选择风险	0.0096
B3-1. 分销商财务风险	0.6611	B3-5. 分销商战略风险	0
B1-2. 供应商生产风险	0.6090		

供应商作为汽车产业链的开端,其战略风险在实务运行中成为汽车产业链风险较高的环节之一。汽车作为高科技产品,随着科技水平的提升,产品的升级换代一般都始于区域性零部件供应商的科技提升。国际著名的咨询机构罗兰贝格预测,2030 年“汽车共享”“智能互联”“自动驾驶”将成为汽车行业发展的三大趋势,因此供应商的发展战略能否与市场发展相匹配,将成为汽车供应链有效运转和稳定发展的关键因素之一。

制造商是汽车供应链中最为核心的一个环节,汽车行业一致公认制造商是驱动汽车产业发展和变革的决定性因素,其对于汽车供应链的正常运转是至关重要的。制造商的生产是整个汽车供应链产品输出的关键,其生产风险必然会影响到整个供应链上下游的核心汽车产品能否科学及时地完成生产。意外风险则会影响到正常生产能否顺利有效开展,2015 年德国大众集团爆发了震惊全球汽车行业的“排气尾门事件”,紧接着面临美国和欧盟的巨额罚款及市场召回行动,造成了巨大损失。

汽车行业是资金密集行业,一个整车厂(涵盖冲压、车身、油漆和总装四大工艺)的总投资达到 10 亿~12 亿人民币,加上大量的工装模具投资,资金投入

堪称巨大,因此财务资源的匹配和财务风险的控制尤为关键。财务风险又是由多个因素综合构成的,受到汇率变动、原材料成本上涨、生产成本上升及金融危机爆发等各种因素的影响。2007 年,美国发生了由房地产次贷危机引起的金融风暴,席卷全球经济环境,汽车产业也未能幸免,百年老店美国通用汽车在此次危机中遭受了前所未有的重挫,2008 年被迫破产重组,在美国政府的支持和帮助下,成立了新通用汽车。

对于表 3 所列举的 50 个二级风险因素,可以依据其影响程度数值划分出 5 个高风险因素(0.85 及以上)、4 个中高风险因素(0.8~0.85)、13 个中风险因素(0.6~0.8)。以下针对每一级别中的典型风险因素进行具体分析解读。

表 3 50 个二级风险因素的影响程度

二级风险因素	影响程度	二级风险因素	影响程度
B1-2-2. 机械设备老旧,生产效率低	1	B2-3-2. 主要零部件库存不足	0.5608
B2-1-1. 上游主要供应商破产	0.9352	B3-4-2. 运输技术风险	0.5567
B4-1-3. 购车资金储备不足	0.8920	B3-1-1. 资金链断裂	0.5559
B3-5-2. 国家宏观调控政策变化	0.8906	B2-4-2. 顾客喜好改变	0.5507
B1-4-4. 零件配送过程意外	0.8669	B4-1-1. 顾客喜好习惯改变,如品牌/车型	0.5381
B2-3-3. 设备柔性低,转产能力差	0.8367	B1-1-2. 石油、重金属等重要资源涨价	0.5239
B1-4-2. 产线意外事故	0.8341	B3-2-2. 客户喜好预测错误	0.5071
B2-2-2. 石油等重要生产资源价格上涨	0.8085	B1-1-4. 生产成本增加	0.5023
B2-1-3. 企业财务状况不良	0.8057	B2-1-5. 供应商未能及时供货	0.4937
B3-2-1. 客户服务差,评价低	0.7483	B3-1-2. 产品堆压,造成资金滞留	0.4708
B1-2-1. 产品合格率低	0.7481	B1-4-1. 仓库或工厂意外爆炸	0.4649
B1-4-3. 操作工流失	0.7447	B2-5-1. 仓库出现爆炸、火灾等意外	0.4477
B3-3-1. 客户违约风险	0.7426	B2-2-5. 金融危机爆发	0.4451
B2-3-5. 新产品生产技术不成熟	0.7418	B2-5-3. 汽车大批故障,发生召回	0.4414
B2-2-4. 生产成本增加	0.7372	B1-3-1. 需求预测错误	0.4391
B2-2-1. 企业库存成本高,资金积压	0.7143	B1-1-5. 金融危机爆发	0.4252
B2-3-1. 产线生产效率低下	0.7033	B1-3-2. 科技市场变化,零件更新换代	0.4090
B2-4-3. 研发能力低下,新产品竞争力不足	0.6391	B3-5-1. 顾客需求预计出错	0.3561
B4-1-2. 服务满意度低	0.6319	B3-4-1. 运输过程风险	0.3206
B1-1-1. 通货膨胀	0.6178	B2-2-3. 汇率波动	0.3166
B2-3-4. 零部件标准化程度低,替换困难	0.6040	B1-1-3. 汇率波动	0.2790
B2-1-2. 与供应商合作关系破裂	0.6032	B1-3-3. 与下游制造商合作关系断裂	0.2726
B2-4-4. 国家宏观调控政策变化	0.5808	B1-2-3. 设备柔性低,转产能力差	0.2409
B2-5-2. 产线安全生产意外	0.5741	B2-4-1. 市场需求预计出错	0.1961
B3-4-3. 运输路线风险	0.5728	B2-1-4. 供应商产品质量不合格	0

3.1 高风险因素:0.85 及以上

3.1.1 供应商机械设备老旧,生产效率低

从福特汽车发明 T-CAR 开始,汽车进入大规模流水线生产,一般产品的生命周期为 6 年,其中每 3 年一次中期改型,每年一次外观更新。这些更新改变一般都是重要的外饰或功能性零件,这些零件

的生产对于整个汽车供应链而言往往都是汽车制造商的非自制零件,来自供应商的外采购件。从这一点来看,供应商机械设备的更新能否及时完成,提升有效产出率并保证供应链供货,在汽车生产运作过程中极为关键。中国汽车市场规模最大的零部件供应商集团华域汽车系统股份有限公司在其“十三五”

规划中明确提出,整个集团下属工厂实施工业 4.0 提升计划,淘汰效率低下的设备,提高设备的生产效率,将平均有效产出率从“十二五”末的 65% 提升至“十三五”末的 80%。

3.1.2 供应链上游主要供应商破产

核心零部件供应商破产,对整个汽车供应链也是一个高风险因素。从一级供应商,到二级、三级供应商,部分加工深度或组装程度复杂的零部件会有四级、五级供应商,在特定级别的供应商中会存在两至三个主要供应商。在汽车行业,一般培育一个供货质量成熟、供货能力合格的供应商需要两到三年时间,所以行业中多采用“一品两点”模式,即一个核心零部件往往有两个供应商供货,保证体系的供货安全、连续。但是受到宏观经济面的波动、汽车市场的波动和自身经营管理水平等因素的影响,供应商变动还是比较显著。以上海大众汽车有限公司为例,2013—2015 年平均有供应商 550 家,每年有 20% 的供应商会变动离开供应体系,其中大约 5% 是由于破产、重组等原因退出。这些都是需要高度关注的因素,否则会对产业供应链造成巨大影响。

3.1.3 消费者的购车资金储备不足

中国消费者的购车消费习惯是积存充足的自有资金后再进行消费和购买,因此消费者购车资金的储备充足与否,就成为影响消费者层面对汽车供应链落实有效消费的一个重要因素。虽然近年来中国消费者对于汽车消费贷款的接受程度在逐步提高,汽车消费信贷渗透率已经达到 35% 左右,但是距离欧美国家 65% 的渗透率还有很大差距。所以,在今后相当长的一段时间内,消费者的购车资金储备不足对于汽车供应链仍然是一个重要的风险因素。

3.1.4 经销商层面面临国家宏观调控政策变化

经销商是汽车供应链的一个重要节点,汽车经销环节在实际运作中非常容易受到国家宏观经济的影响。2015 年 10 月 1 日起,国务院为刺激汽车消费、促进我国汽车市场发展,推行 1.6 升以下小排量汽车购置税减半的优惠政策,对国内汽车市场消费起到了非常积极的促进作用。2016 年我国汽车全年销量预计达到 2700 万辆,同比增长 12% 左右,成为近年来市场增量新高。因此,经销商层面对国家宏观调控政策的敏感性是非常显著的,这也成为汽车供应链管理中一个重要的风险因素。

3.2 中高风险因素:0.8~0.85

3.2.1 制造商设备柔性低,转产能力差

传统制造商的生产线一般是缺乏柔性的。以中国第一家中外合资整车制造企业上海大众汽车有限

公司为例,1984 年引进第一条生产流水线,专用于桑塔纳轿车的生产。1998 年上海通用汽车公司在其浦东金桥基地,在设计生产流水线时开始考虑多个产品的共线生产,开始了柔性化生产线布局的尝试。随着汽车市场的发展和消费能力的全面升级,汽车市场消费者对汽车的消费已经全面进入“个性化、差异化、小批量”的崭新阶段。在这样的市场环境下,制造商设备的柔性高低和转产能力的强弱都是其是否能够跟上汽车需求市场快速变化的关键因素。

3.2.2 供应商产线意外事故

在所有工业部门中,汽车制造是供应链最长的部门之一,供应商涉及钢铁、化工、橡胶、能源、金属加工等多个领域,任何环节的供应商出现意外事故都将会影响整个汽车供应链的正常运行。2014 年 8 月 3 日,昆山中荣金属制品有限公司汽车轮毂抛光车间发生爆炸事故,该企业是美国通用汽车和上海通用汽车的三级供应商,此次意外事故直接导致上海通用汽车部分产品生产停线 3 天,并波及大洋彼岸的美国通用汽车墨西哥工厂,影响其正常生产一周。供应商产线的意外事故发挥着“牛鞭效应”,其影响波及整个供应链,对整个供应链管理带来巨大挑战。

3.2.3 供应商石油等重要生产资源价格上涨

从汽车产品的成本构成来看,材料成本可达 60% 左右,因此材料成本的上升将在很大程度上影响净利润,也将进一步影响到企业竞争力。以华域汽车为例,对 2013—2015 年下属零部件企业经营数据进行统计分析,发现企业盈利性对成本项目中钢材价格的敏感性比较高,其中热加工板块企业对钢材价格敏感程度最高。另一方面,供应商由于掌握的科技实力有限,降低成本的科技手段并不多,使得供应商在面临人力、设备、资源等生产资料成本上升的情况下,缺乏强有力的控制方法,因而供应商重要生产资源价格上涨也是汽车供应链较为重要的风险因素。

3.3 中风险因素:0.6~0.8

3.3.1 供应商操作工流失

在汽车行业,时常出现某供应商因为一线操作工的流失而影响其生产的情况,特别是春节之后,大量农民工返城后重新选择行业,使得汽车行业一线工人流失现象尤为严重,部分企业的流失率甚至高达 30%。汽车产业是劳动密集型产业,中国人口红利的逐步消失正在不断影响着国内汽车工业的发展,陆续造成一线操作工流失率上升等现象,成为汽车供应链管理中值得注意的一个风险因素。

3.3.2 研发能力低下,新产品竞争力不足

目前国内的整车企业,包括上汽、一汽、东风等领头车企的研发能力普遍低下、新产品竞争力不足,主要表现在以下三个方面:第一,由于市场需求预测准确性不高,致使新研发产品不符合市场需要而导致研发失败;第二,部分研发属于外观设计改型,鲜有技术创新、拥有新技术知识产权的研发,导致仍然未能掌握某些核心技术,进而产生风险;第三,市场本身的波动性导致经过多年研发的产品,在投入市场后却面临已经变化的市场需求。如何提升研发能力、提高新产品竞争力是汽车供应链风险管理的重要环节之一。

4 总结与展望

在竞争白热化、需求多样化的市场背景下,汽车供应链由于节点企业多、链条长、节点企业间关联度高、技术和资金密集等特点,更易受到各类风险因素的严重影响。本文将 BP 神经网络创造性地运用于上汽集团汽车供应链潜在风险因素的重要程度评估中,为实现事前有针对性的风险管控、建立应急处理机制提供了科学决策指导。

对于各级指标进行风险评估,可以发现高风险指标主要集中于供应商和制造商两大环节,本文针对相关汽车企业提出如下建议:首先,供应商和制造商下属工厂实施工业提升计划,淘汰效率低下的设备,积极提高设备的生产效率、柔性和转产能力,以适应汽车需求市场的快速变化;其次,重视市场调研,及时获取市场需求波动信息,以此作为参考规划未来的研发方向,同时保证一定弹性,以及时响应市场变化;再次,大力推进自主创新,努力提升科技水平,积极探索掌握核心技术,把握未来汽车行业的发展方向;最后,增强企业文化,对于下属员工特别是一线操作工人增加人文关怀,培养其对公司的归属感和对工作的认同感,降低有经验员工的流失率。

参考文献:

- [1] BRANDENBURG M, GOVINDAN K, SARKIS J, et al. Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions [J]. *European Journal of Operational Research*, 2014, 233(2): 299-312.
- [2] TANG O, MUSA S N. Identifying risk issues and

research advancements in supply chain risk management [J]. *International Journal of Production Economics*, 2011, 133(1): 25-34.

- [3] SNYDER L V, ATAN Z, PENG P, et al. OR/MS models for supply chain disruptions: A review [J]. *IIE Transactions*, 2016, 48(2): 89-109.
- [4] 易慧妮. 汽车供应链风险传播及控制研究 [D]. 成都:西南交通大学, 2015.
- [5] SIMCHI-LEVI D, SCHMIDT W, WEI Y, et al. Identifying risks and mitigating disruptions in the automotive supply chain [J]. *Interfaces*, 2015, 45(5): 375-390.
- [6] 索秀花,张仁发. 基于贝叶斯网络的供应链质量风险识别与评估 [J]. *中国市场*, 2010, 49: 127-128.
- [7] BORGHESI A, GAUDENZI B. Managing risks in the supply chain using the AHP method [J]. *International Journal of Logistics Management*, 2005, 17(1): 114-136.
- [8] WU T, BLACKHURST J, CHIDAMBARAM V. A model for inbound supply risk analysis [J]. *Computers in Industry*, 2006, 57(4): 350-365.
- [9] TUMMALA VMR, SCHOENHERR T, HARRISON T. Integrating FMEA with the supply chain risk management process to facilitate supply chain design decisions [J]. *Production and Inventory Management Journal*, 2014, 49(1): 27-73.
- [10] 黄晶,杨文胜. 基于 CVaR 和供应商承诺回购的供应链决策模型 [J]. *管理学报*, 2016, 13(8): 1250-1256.
- [11] 代建生. 风险规避销售商促销下基于收益共享契约的协调模型 [J]. *系统管理学报*, 2014, 23(6): 900-908.
- [12] 吴天魁,王波,顾基发,等. 基于贝叶斯网络的供应链风险模糊综合评判 [J]. *经济数学*, 2014(2): 69-75.
- [13] 张彦如,陈敬贤,郑泉,等. 基于偏好的供应链不确定型风险模糊评估方法研究 [J]. *运筹与管理*, 2008, 17(1): 69-73.
- [14] 江孝感,陈丰琳,王凤. 基于供应链网络的风险分析与评估方法 [J]. *东南大学学报(自然科学版)*, 2007(37): 355-360.
- [15] 段利真. 基于 VaR 和 CVaR 的多元供应链风险评价 [D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2010.
- [16] 闻卉,曹晓刚,黎继子. 基于 CVaR 的供应链回购策略优化与协调研究 [J]. *系统工程学报*, 2013, 28(2): 211-217.
- [17] 彭青松,张明,叶爱兵. 不确定供应链管理网络的概率图模型仿真研究 [J]. *系统仿真学报*, 2008(S1): 307-309.
- [18] 周艳菊,邱莞华,王宗润. 供应链风险管理研究进展的综述与分析 [J]. *系统工程*, 2006, 24(3): 1-7.