

# 基于BP 神经网络的天然橡胶 市场风险预警系统构建\*

刘锐金, 魏宏杰, 莫业勇

(中国热带农业科学院 橡胶研究所, 海南 儋州 571737)

**摘要** 构建了以产区价格为警情指标、以 BP 神经网络为预警模型的天然橡胶市场风险预警系统。使用 1995—2008 年的年度比率数据迭代计算进行网络训练, 利用权重矩阵和传递函数计算了各指标的灵敏度, 在经济学理论上分析其影响方向, 理论与实证结果基本一致, 说明指标选取的合理性。结果表明: 所构建的预警系统能够较好地对天然橡胶市场风险进行预警, 且能够反映经济危机、重大政策变化等带来的不确定性。

**关键词** 天然橡胶; 市场风险; 预警系统; BP 神经网络; 灵敏度

**中图分类号:** F 307.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2012)01-0037-05

天然橡胶是世界贸易大宗商品, 也是我国大量进口的工业原料, 全球大约有 5 万多种工业品的制造需要使用到天然橡胶, 在航天航空、重型汽车制造等重要工业领域, 天然橡胶仍属于不可替代的战略资源。2001 年我国成为世界第一大天然橡胶消费国, 2009 年我国表观消费量为 345 万 t, 天然橡胶产量为 64.5 万 t<sup>[1]</sup>。近年来, 天然橡胶价格波动加剧, 给天然橡胶生产者与轮胎、胶鞋等下游企业均带来了巨大的冲击, 影响到天然橡胶产业稳定发展。2009 年 11 月初在越南召开的天然橡胶生产国协会橡胶年会上, 很多国家都提出, 橡胶价格波动已成为了天然橡胶产业发展的一个挑战。因此, 对天然橡胶市场风险进行预警能够及时预知风险, 建立风险防范机制, 对天然橡胶产业健康发展有重要的意义。

国内研究天然橡胶市场预警的成果不多, 现有的研究主要是针对整个产业。柯佑鹏等<sup>[2-3]</sup> 构建了中国天然橡胶预警预报系统警情指标并设置相应的警级, 但未讨论警兆指标; 曹旭平等<sup>[4]</sup> 利用生产波动系数、人均占有率、价格上涨率、自给率和储备率指标测度了中国天然橡胶安全, 但因为天然橡胶作为工业原料而非食用农产品, 下游产业的产能才是关键因素, 且下游产品出口比例较大, 因此不宜用人均占有率与其他国家比较。针对其他产品市场风险预警的研究有一些<sup>[5-6]</sup>, 如生猪、大豆。本文试图构建天然橡胶市场风险的预警指标体系, 对天然橡胶市

场风险预警系统进行研究。

## 一、天然橡胶市场风险预警系统警情和警兆指标体系的构建

构建预警指标体系是预警模型的前提保障, 指标包括警情指标和警兆指标。目前, 关于预警指标体系的主要研究有粮食安全预警指标体系、区域森林资源可持续发展指标体系、环境预警指标体系等。无论在市场经济中还是混合经济中, 价格都是社会基本经济功能赖以实现的重要形式或手段, 既是供求的指示器, 也是技术进步、资源节约的激励因素, 因此价格是经济活动的核心, 整个经济系统以价格为调节机制运行, 最能体现市场风险, 本文选择价格作为警情指标。由于产区价格数据相对齐全, 且产销区价格之间存在协整关系<sup>[7]</sup>, 因此选择产区价格作为警情指标。关于天然橡胶价格波动影响因素的研究主要有: 张玉梅<sup>[8]</sup> 认为国内生产总值、合成橡胶价格、天然橡胶收获面积、关税等因素变动对中国天然橡胶市场价格有一定的影响; 黄先明<sup>[9]</sup> 认为影响国际天然橡胶价格的因素有全球生产和销售、世界贸易、国际政治、国际经济环境、合成橡胶、石油、期货、库存、自然因素、国际天然橡胶联盟等; 冯娟<sup>[10]</sup> 认为影响我国天然橡胶期货价格因素有国内外天然橡胶供求关系、国际市场上天然橡胶期货交易行情、经济社会发展水平、合成胶的生产及应用情况、主要下游产业的发展情况和某些突发

收稿日期: 2011-10-12

\* 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(中国热带农业科学院橡胶研究所)“天然橡胶价格波动研究”(YWFZX2010-2(N)); 国家社科基金项目“热带农产品价格波动研究”(11CJY064)。

作者简介: 刘锐金(1984-), 男, 助理研究员; 研究方向: 产业经济与风险管理。E-mail: liuruijincl@gmail.com

因素,如自然灾害、政策和政局的变动等,但我国天然橡胶期货市场的价格发现功能还不强<sup>[11]</sup>,且消费量与经济增长存在长期均衡关系<sup>[12]</sup>。据此本文结合西方经济学的基本原理,并联系中国热带农业科学院橡胶研究所天然橡胶产业预警课题组的工作实践,从市场供给和需求情况、经济环境、相关产业和行业状况等 3 个方面因素考虑,经过反复筛选,构建出如表 1 所示的指标体系。

表 1 中国天然橡胶市场风险预警指标体系

市场风险种类		预警指标
警戒指标	市场价格	国内产区交易价格 $y_1$
供给方面 预警指标		国内天然橡胶产量与进口量之和增长率 $x_1$
		世界天然橡胶产量与库存之和增长率 $x_2$
		轮胎外胎产量增长率 $x_3$
需求方面 预警指标		轮胎外胎新增产能增长率(滞后一期) $x_4$
		胶鞋产量增长率 $x_5$
		汽车产量增长率 $x_6$
经济环境方面 预警指标		工业生产总值指数 $x_7$
		通货膨胀率 $x_8$
		汇率变动率 $x_9$
相关产品 and 行业 的风险预警指标		合成橡胶产量与进口量之和增长率 $x_{10}$
		原油产量与进口量之和增长率 $x_{11}$
		国际原油价格变动率 $x_{13}$

## 二、BP 神经网络模型

预警模型是预警核心,常用的预警模型有计量经济模型、景气循环模型、概率模式识别模型和人工神经网络模型等<sup>[13-18]</sup>。将神经网络应用到经济预警系统中,无论是从思想上还是从技术上都是对传统经济预警系统的一种拓展和突破,在一定程度上解决了预警系统的非线性、自学习、自适应、大规模并行分布知识处理问题<sup>[17]</sup>。BP 人工神经网络是神经网络的一种,不需要建立数学模型,就能够利用历史数据进行训练,进而得到最优的权重矩阵,可以省去参数估计过程,且容忍噪声的能力较强<sup>[18]</sup>。鉴于以上分析,本文选择 BP 神经网络来构建预警模型。

BP 神经网络模型拓扑结构包括输入层、隐层和输出层,采用误差反向传播算法的多层前馈网络,由一个输入层、一个输出层和若干个隐层组成,上下层之间实现全连接,而每层神经元之间无连接。BP 算法是一种有导师学习,在已知输入和理想输出的模式下进行学习,根据已知输出与期望输出的误差值来调节网络的权值。BP 神经网络的核心是一边向后传播误差,一边修正误差的方法来不断地调整权

重矩阵,从而实现或逼近所期望的输入—输出映射关系。一个样本输入后,先向前传播到隐层节点,经过传递函数转换后,再把隐层节点的输出传播到输出节点,计算输出层的误差值。如果在输出层没有得到接近于期望的输出,则转向反向传播,通过网络将误差沿原来的连接通路反传回来修改各层神经元的权值,通过权值的不断修正使网络的实际输出更接近期望输出。

## 三、数据说明与预处理

国内天然橡胶产区价格来源于中橡商务网(<http://www.e-hifarms.com/>)昆明交易厅和海口交易厅国产一级标准胶的现货年平均交易价格。全球天然橡胶产量和库存量来自国际橡胶研究组织。天然橡胶进口量来自海关总署,1995—2007 年的胶鞋产量来自《中国工业经济统计年鉴 2008》,2008 年的胶鞋产量来自《中国橡胶工业年鉴 2008—2009》。轮胎外胎产量、新增轮胎外胎产能、汽车产量、工业生产总值指数、通货膨胀率、合成橡胶产量、合成橡胶进口量、原油产量、原油进口量来自《中国统计年鉴(1994—2008)》,汇率来自外汇管理局网站([http://www.safe.gov.cn/model\\_safe/index.html](http://www.safe.gov.cn/model_safe/index.html))。国际原油价格来自美国能源信息管理局网站([http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet\\_pri\\_spt\\_s1\\_m.htm](http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_m.htm))。

其中,工业生产总值指数、通货膨胀率不做任何处理,直接使用百分点数据;汇率变动率为当年平均汇率减去上一年汇率除以上一年汇率,如果该数值为正,表示人民币贬值,反之则为升值;天然橡胶价格变动率、国际原油价格变动率的算法与汇率变动率一致;其他指标为相比上一年度的增长率。由于当年新增的产能一般要到下一年度才能全部投产,因此,该变量滞后一期。根据本文数据的特点,选择 Tan-sig 型传递函数,将各指标转化到 -1 和 1 之间,以保证数据符合 BP 神经网络的要求。

## 四、实证分析过程

根据 BP 神经网络的算法设计,用 Matlab7.0 进行编程和工具箱同时运算,得到训练后 BP 神经网络,然后在权重矩阵和传递函数的基础上,研究各因素对价格的影响,进行灵敏度分析,并结合微观经济学中的供求理论进行分析,验证指标体系的合理性。

### 1. BP 神经网络模拟结果

神经网络对初始权重矩阵比较敏感,但由于对

初始权重矩阵所掌握的先验信息比较少,采用随机产生的方式获得。输入层到隐层、隐层到输出层的转换函数都设置为 Tansig,分别将隐层节点数设置为 12 和 14,分别进行了 1 500 次运算,每次迭代 5 000 次以内得到都能满足网络误差小于 0.000 1 的要求,但是只有部分结果满足测试样本标准误小于 0.05。选择标准误差最小的结果 0.016 6,由图 1 的迭代误差曲线可以发现,迭代 2 100 次后网络误差达到预设误差,模型拟合效果良好。

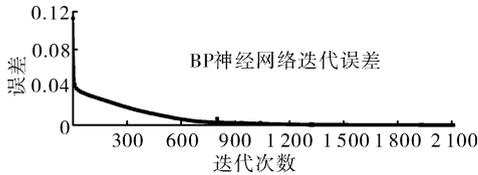


图 1 BP 神经网络的均方误差

表 2 显示,所选择的模型,训练样本和测试样本的误差都在 2% 以内,相对误差绝对值大于 1% 的年份有 1998、1999、2000、2008,可能的原因:受

1998 年亚洲金融危机的影响,天然橡胶价格有较大幅度的下降,不确定因素明显增加,影响延续至 1999 年,接着美国网络经济泡沫破灭,加上我国取消进口天然橡胶绝对配额,实行关税配额管理,而政策性波动在模型中无法在警兆指标体系中反映;2008 年 10 月受全球性金融危机影响,天然橡胶价格开始从高位急剧下降,市场面临的不确定因素增加,相对误差绝对值迅速增大。这在一定程度上说明,当警兆指标体系之外的事件对天然橡胶市场产生冲击时,所构建的 BP 网络的预测误差将变大,也就说当预测误差变大时,可能有指标体系之外的突发事件对市场产生冲击,应给予特别关注。

2. 灵敏度分析

表 3 是 BP 神经网络训练后的权重矩阵  $V$  和  $W$ ,在 BP 神经网络模型中非常重要,其包含着丰富的信息,它可以用于分析价格对警兆中指标变动的灵敏度。

表 2 BP 神经网络拟合结果与测试样本验证结果

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
实际值	0.091 7	-0.061 1	-0.260 2	-0.182 4	0.115 6	-0.024 1	-0.185 2
预测值	0.091 6	-0.059 3	-0.255 2	-0.170 3	0.131 1	-0.010 6	-0.184 2
预测误差	0.000 0	-0.001 8	-0.004 9	<b>-0.012 1</b>	<b>-0.015 6</b>	<b>-0.013 5</b>	-0.001 0
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007*	2008*
实际值	0.376 7	0.374 3	0.073 1	0.104 6	0.433 1	-0.053 8	0.128 2
预测值	0.373 4	0.375 0	0.071 6	0.101 5	0.433 3	-0.056 3	0.144 6
预测误差	0.003 2	-0.000 7	0.001 5	0.003 0	-0.000 1	0.002 6	<b>-0.016 4</b>

注:\*表示该样本为测试样本。

表 3 BP 神经网络的权重矩阵

$V = \begin{bmatrix} v_{1,1} & \dots & v_{1,14} \\ \dots & \dots & \dots \\ v_{12,1} & \dots & v_{12,14} \end{bmatrix}$		隐层节点													
		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$z_5$	$z_6$	$z_7$	$z_8$	$z_9$	$z_{10}$	$z_{11}$	$z_{12}$	$z_{13}$	$z_{14}$
输入层节点	$x_1$	-0.49	0.51	-0.58	-1.57	0.08	0.13	0.60	-0.91	0.20	-0.22	-0.34	-0.70	0.42	1.09
	$x_2$	0.09	-0.43	0.90	-0.82	0.04	-0.24	-0.20	0.94	-0.66	-0.55	0.41	-0.01	1.12	-0.34
	$x_3$	0.52	-0.20	-0.57	0.04	0.03	1.04	-0.55	0.77	-0.89	0.09	0.74	0.27	0.09	0.81
	$x_4$	1.18	0.04	-0.41	0.10	-0.52	-0.73	-0.08	0.45	-1.09	2.07	-0.47	0.08	-1.01	1.11
	$x_5$	-1.13	0.94	-0.91	1.05	1.03	0.19	0.64	-0.06	1.08	-0.78	0.42	0.67	0.15	0.12
	$x_6$	-0.80	0.32	0.19	1.68	-0.44	0.58	-1.06	-0.48	0.75	1.06	0.06	-0.15	0.00	0.66
	$x_7$	-0.20	-0.87	-0.63	0.08	0.78	-0.98	1.04	0.07	-0.90	-0.50	-0.15	0.58	-0.54	0.56
	$x_8$	1.07	-0.30	-0.70	0.22	-0.56	1.07	-1.01	-0.24	0.83	0.27	0.08	-0.01	0.99	0.65
	$x_9$	1.07	0.51	-0.68	-0.49	-0.17	0.62	-0.13	0.53	-0.28	-0.51	-0.03	-0.45	0.52	-0.44
	$x_{10}$	-0.74	-0.43	-1.01	0.06	-0.54	0.45	-0.93	-1.10	-0.54	0.46	0.64	-0.71	0.47	-0.12
	$x_{11}$	1.18	-0.52	-0.39	-1.19	0.97	-0.46	-0.98	-0.53	-0.50	-0.02	-0.71	0.68	-0.57	0.52
	$x_{12}$	0.96	0.86	-0.96	0.86	-0.04	1.00	0.08	0.20	-0.66	0.44	-0.52	0.85	0.13	-0.60
$W = [w_1, \dots, w_{14}]$		$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$z_5$	$z_6$	$z_7$	$z_8$	$z_9$	$z_{10}$	$z_{11}$	$z_{12}$	$z_{13}$	$z_{14}$
输出节点 $y_1$		-0.91	0.13	0.03	2.19	-0.97	0.16	0.39	1.04	0.10	0.96	-1.04	0.73	0.72	-0.25

注: $V$ 为输入层到隐层的权重矩阵, $W$ 为隐层到输出层的权重向量。

由于 BP 神经网络模型从输入层到隐层再到输出层是非线性映射,因此警兆指标的变动对警情指

标的影响分析较为复杂,需要理清其内部映射结构。经推导,得

$$y_1 = \frac{2}{1 + e^{-\left(\frac{2w_1}{1 + e^{-\left(v_{11}x_1 + v_{21}x_2 + \dots + v_{12,1}x_{12}\right)}} + \frac{2w_2}{1 + e^{-\left(v_{12}x_1 + v_{22}x_2 + \dots + v_{12,2}x_{12}\right)}} + \dots + \frac{2w_{14}}{1 + e^{-\left(v_{1,14}x_1 + v_{2,14}x_2 + \dots + v_{12,14}x_{12}\right)}} - (w_1 + w_2 + \dots + w_{14})\right)}} - 1 \quad (1)$$

假设  $x_1$  增加增量  $\Delta x_1$ , 得

$$y_1' = \frac{2}{1 + e^{-\left(\frac{2w_1}{1 + e^{-\left(v_{11}x_1 + v_{21}x_2 + \dots + v_{12,1}x_{12} + v_{11}\Delta x_1\right)}} + \frac{2w_2}{1 + e^{-\left(v_{12}x_1 + v_{22}x_2 + \dots + v_{12,2}x_{12} + v_{11}\Delta x_1\right)}} + \dots + \frac{2w_{14}}{1 + e^{-\left(v_{1,14}x_1 + v_{2,14}x_2 + \dots + v_{12,14}x_{12} + v_{1,14}\Delta x_1\right)}} - (w_1 + w_2 + \dots + w_{14})\right)}} - 1 \quad (2)$$

由公式(1)、(2)可以发现,  $y_1' - y_1$  的正负不仅与  $V$  和  $W$  有关,还与  $x_1, x_2, \dots, x_{12}$  的初始值有关,这也体现了基于 BP 神经网络的天然橡胶市场预警模型体现系统论的思想,各警兆指标具有关联,整体地影响警情指标,而不是孤立的。

分别以 1995—2008 年的样本数据作为初始值,警兆指标的变化率设置为 1%、2%、...、10%,使用前述的传递函数、权重矩阵  $V$  和  $W$ ,计算网络的输出结果。表 4 列出了变化幅度 10%的结果如表 4 所示。

表 4 变化幅度为 10%的灵敏度分析

警兆指标	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
$x_1$	-0.083 2	-0.083 8	-0.064 3	-0.052 4	-0.004 3	-0.077 1	-0.041 5	-0.034 3	-0.035 5
$x_2$	-0.022 5	-0.022 0	-0.012 6	-0.020 4	0.011 3	-0.024 0	-0.003 6	0.011 1	0.017 0
$x_3$	0.002 8	0.000 0	0.003 9	0.003 4	-0.010 9	0.010 7	0.000 5	0.009 5	0.010 6
$x_4$	0.005 2	0.014 6	0.018 4	0.031 2	0.000 5	0.045 7	0.002 1	0.014 6	0.030 6
$x_5$	0.062 6	0.047 2	0.024 0	0.024 9	0.010 7	0.028 0	0.025 9	0.008 6	-0.001 8
$x_6$	0.084 6	0.070 7	0.038 1	0.059 2	0.007 0	0.072 5	0.029 4	0.008 3	0.024 4
$x_7$	0.665 2	0.743 5	0.374 9	0.319 2	0.644 3	0.392 4	0.348 5	0.492 9	-0.091 5
$x_8$	0.553 6	0.089 0	-0.391 5	0.439 3	-0.195 7	0.729 1	-0.334 2	0.303 1	0.728 5
$x_9$	-0.035 6	-0.017 8	-0.005 5	-0.025 9	-0.006 6	-0.023 2	-0.012 1	0.004 0	0.009 3
$x_{10}$	-0.012 0	-0.031 7	-0.031 4	-0.000 4	-0.025 4	-0.010 2	-0.020 3	-0.030 4	-0.020 7
$x_{11}$	-0.088 8	-0.064 9	-0.039 7	-0.051 0	-0.020 2	-0.060 2	-0.042 0	-0.024 6	-0.033 1
$x_{12}$	0.028 8	0.048 9	0.035 9	0.022 0	0.002 3	0.038 4	0.014 5	0.015 7	0.032 6

注:工业生产总产值指数  $x_7$  和通货膨胀率(消费者价格指数)  $x_8$  变化幅度 1%,指数变化 1,即使用百分点数。

### 3. 指标体系合理性的经济学解释

根据经典的微观经济学理论,国产和进口之和增长率  $x_1$  和世界产量和库存之和增长率  $x_2$  是影响供给的 2 个重要因素,在理论上对价格有负向影响,合成橡胶是天然橡胶的不完全替代品,原油是生产合成橡胶的主要原料,因此合成胶产量和进口量之和增长率  $x_{10}$ 、原油国产和进口之和增长率  $x_{11}$  对价格有负向影响,而原油价格变动率  $x_{12}$  则是正面影响。轮胎外胎产量增长率  $x_3$ 、滞后一期的新增轮胎外胎产能增长率  $x_4$ 、胶鞋产量增长率  $x_5$ 、汽车产量增长  $x_6$ 、工业生产总产值指数  $x_7$  是影响需求的主要因素,在理论上对价格有正面的影响。由于本文所使用的价格增长率为名义价格增长率,货币政策和汇率政策会对其产生影响,通货膨胀率  $x_8$  变大时,一定量商品所需要的货币量会增加,导致价格水平上升;人民币对美元的间接汇率的数值上升意味着一定量的美元需要更多的人民币来兑换,汇率变动率  $x_9$  对价格有正向影响。

由表 4 可以发现,2000—2008 年国产和进口之和增长率  $x_1$ 、滞后一期的新增轮胎外胎产能增长率  $x_4$ 、汽车产量增长  $x_6$ 、合成胶产量和进口量之和增长率  $x_{10}$ 、原油国产和进口之和增长率  $x_{11}$ 、原油价格变动率  $x_{12}$  对价格的影响方向都与理论假说一致,轮胎外胎产量增长率  $x_3$ 、工业生产总产值指数  $x_7$ 、世界产量和库存之和增长率  $x_2$ 、通货膨胀率  $x_8$  也与理论假说基本一致。随着汇率制度改革的深入,2007 年、2008 年汇率变动率  $x_9$  对价格的影响亦与理论假说一致。灵敏度分析与理论分析的对比,进一步说明了警兆指标体系的合理性。

## 五、结论与讨论

利用权重矩阵和传递函数计算了各指标的灵敏度,在经济学理论上分析其影响方向,理论与实证结果基本一致,进一步说明指标选取的合理性。从误差和拟合效果图看,本文的模型能够较好地对天然橡胶市场风险进行预警,并且预测误差的异常能够

用于诊断经济运行出现突变或其它事件突发时(指标体系之外)对天然橡胶市场运行的影响,说明本文的预警模型能够很好地融入经济大环境因素,这一点尤其值得关注,如果误差明显增大,意味着当期市场中存在某种指标体系以外的事情发生,当期在指标体系以外的经济指标发生较大的变化,应该关注整个经济系统中的主要指标变化,以便及时作出应对。在运用中,首先对警兆指标进行预测,或者充分利用国内权威机构对警兆指标的预测,将警兆指标的预测值代入经过网络训练的预警模型中进行计算,就可以预测下一期的天然橡胶市场价格变动。产业利益相关者可以根据所预测的市场价格变动调整。由于基于年度数据预警模型的时效性差,接下来将尝试构建基于月度、季度数据的 BP 神经网络预警模型,进而增加预警结果的有效性。

### 参 考 文 献

[1] 莫业勇. 2009 年天然橡胶产销情况与 2010 年天然橡胶市场预测[J]. 中国热带农业, 2010(2):13-15.

[2] 柯佑鹏, 过建春. 初探中国天然橡胶预警预报系统的建立[J]. 林业经济问题, 2006, 22(5):401-405.

[3] 柯佑鹏, 过建春. 中国天然橡胶安全问题的探讨[J]. 林业经济问题, 2007, 23(3):199-205.

[4] 曹旭平, 沈杰, 杨晓东. 中国天然橡胶安全的预警系统及实证测度[J]. 资源开发与市场, 2009, 25(9):798-800, 807.

[5] 赵瑞莹. 农产品市场风险预警管理研究[D]. 泰安: 山东农业大学经济管理学院, 2006.

[6] 王川, 王克. 基于 BP 神经网络的我国农产品市场风险预警研究[J]. 农业经济问题, 2008(2):152-156.

[7] 刘锐金, 杨琳, 魏宏杰. 中国天然橡胶产区价格与销区价格的动态关系[J]. 中国林业经济, 2010(2):50-54.

[8] 张玉梅. 天然橡胶市场空间均衡模型研究[D]. 儋州: 华南热带农业大学经济管理学院, 2006.

[9] 黄先明. 天然橡胶国际价格形成机制研究[D]. 南昌: 江西财经大学经贸学院, 2006.

[10] 冯娟. 天然橡胶期货市场有效性的实证分析[D]. 儋州: 华南热带农业大学经济管理学院, 2007.

[11] 卢焱. 中国天然橡胶期货与现货价格关系实证研究[D]. 北京: 北京大学工商管理学院, 2007.

[12] 李英毅, 魏宏杰. 中国天然橡胶消费与经济增长的协整分析[J]. 统计与决策, 2009(23):108-109.

[13] 顾海兵, 俞丽亚. 未雨绸缪——宏观经济问题预警研究[M]. 北京: 经济日报出版社, 1993.

[14] 李志强, 赵忠萍, 吴玉华. 中国粮食安全预警分析[J]. 中国农村经济, 1998(1):27-31.

[15] 俞欢军, 王建成, 胡上序. 基于概率模式识别方法的宏观经济预警系统的进一步研究[J]. 系统工程理论与实践, 1999(9):41-48.

[16] 杨宝安, 季海, 徐晶, 等. BP 神经网络在企业财务危机预警之应用[J]. 预测, 2001, 20(2):49-54, 68.

[17] 黄小原, 肖四汉. 神经网络预警系统[J]. 预测, 1995(2):63-67, 56.

[18] 吴清华, 高峰, 冯中朝. 中国油菜产业风险预警研究——基于 BP 神经网络[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2010(2):29-33.

[19] 袁泉, 胡玉才, 孙永厚. 基于 BP 神经网络的预测方法应用研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 1998(4):261-263.

## Establishment of Early-Warning System for Natural Rubber Market Risk Based on BP Artificial Neural Network

LIU Rui-jin, WEI Hong-jie, MO Ye-yong

(Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou, Hainan, 571737)

**Abstract** This paper establishes early-warning system for NR market risk based on the fact that BP artificial neural network is the warning model and the producing region's price of NR is the alarming index. This paper also uses the annual rate from 1995 to 2008 to train BP network, employs weight matrix and transfer function to calculate the sensitivity of all index and analyzes its impact from economics theory, which indicates that the theory is in conformity with results and the choices of index are reasonable. The result shows that the established warning system can identify the risk of NR market and reflect the uncertainty by economic crisis and important policy changes.

**Key words** natural rubber; market risk; early-warning system; BP artificial neural network; sensitivity

(责任编辑:陈万红)