

# 基于RBF神经网络的区域科技创新能力的综合评价方法

冯岑明<sup>1</sup>, 方德英<sup>2</sup>

(1.河南科技大学 经济与管理学院, 河南 洛阳 471037; 2.北京联合大学 商务学院, 北京 100026)

摘 要: 在建立区域科技创新能力综合评价指标体系的基础上, 提出了一种基于RBF神经网络的科技创新能力综合评价方法, 能够有效避免评价过程中的人为失误, 最后, 通过试验得出了令人满意的结果。

关键词: 区域创新; 科技创新能力评价; RBP神经网络

中图分类号: F127

文献标识码: A

文章编号: 1001- 7348(2007) 10- 0140- 03

## 0 前 言

当今世界各国之间的竞争归根到底是科学技术的竞争, 而科技创新能力的竞争是科学技术竞争的核心。我国科技创新能力尤其是原始创新能力不足的问题日益突出, 已经成为影响我国科技可持续发展的重大问题。因此, 加强科技创新, 推动国家科技创新体系的建设, 是促进我国可持续发展战略实施的当务之急。

区域科技创新能力是区域内各科技创新要素相互作用的结果, 是区域科技创新结构优化与功能发挥程度的反映, 是区域创新效率的重要衡量指标, 是区域经济增长和竞争的的决定性因素, 其强弱是衡量区域科技实力和技术创新能力的重要尺度。如何客观、科学、有效、定量地评价区域科技创新能力, 对于科学地定位本地区的科技创新能力、采取合理的科技创新战略无疑具有举足轻重的作用, 同时, 还可以起到充分调动科研人员、科研机构和企业进行技术创新的积极性, 加速科研成果转化的作用。

建立科学的评价指标体系是对科技创新能力进行评价的基础。对指标体系进行评价的方法有很多, 如模糊综合评价法、AHP评价法、灰色系统评价法等<sup>[1]</sup>, 但这些方法都需要行业专家对问题的各层权重进行赋值, 因而会不同程度地存在人为痕迹。本文将神经网络模型引入到区域科技创新能力评价中, 意在建立更加接近于人类思维模型的定性定量相结合的综合评价模型, 提高综合评价结果的有效性和可靠性。

## 1 区域科技创新能力评价指标体系的建立

区域创新能力评价的关键在于建立一个科学合理的指标体系, 在这个指标体系中, 设置哪些指标, 如何设置, 不仅关系到评价结果的科学性、准确性和实用性, 更关系到创新系统发展方向的调整, 影响创新系统技术创新的进程。因此, 设计一个系统的、科学的、可操作性强的、具有发展性的评价指标体系, 是正确评价区域科技创新能力的前提与基础<sup>[4]</sup>。

### 1.1 建立指标体系的原则

考虑到区域科技创新能力评价的特殊性, 建立区域科技创新能力评价指标体系应遵循以下几个方面原则:

(1) 系统性原则。区域科技创新能力的评价与一般的竞争力及科技进步评估有所不同, 它必须以区域科技创新能力的基本内涵为核心, 从总体目标出发来建立指标体系的基本框架, 从而全面、系统、客观地反映区域科技创新的全貌。

(2) 科学性原则。指标体系的科学性是确保评价结果准确合理的基础, 因此, 设计区域科技创新能力评价指标体系时, 要考虑区域科技创新指标元素及指标结构整体的合理性, 从不同侧面设计若干反映科技创新状况的指标, 并且这些指标要有较好的可靠性、独立性、代表性和可统计性。

(3) 可比性原则。本指标体系是对多个区域的科技创新能力状况进行综合评价, 因此, 指标体系的设计必须充分考虑到各区域间统计指标的差异, 在具体指标选择上必须是各地区共有的指标涵义, 统计口径和范围要尽可能保

收稿日期: 2006- 07- 05

基金项目: 国家自然科学基金项目(70371046)

作者简介: 冯岑明(1967-), 女, 汉族, 浙江余姚人, 河南科技大学经济管理学院硕士生, 研究方向为管理信息系统; 方德英(1964-), 男, 汉族, 河南南阳人, 博士, 北京联合大学商务学院教授, 研究方向为信息管理、系统工程。

持一致, 以保证统计数据的可比性。

(4) 可行性原则。为保证获取数据的可靠性, 要最大限度地利用和开发现有统计系统发布的统计数据, 注意量化的可操作性, 使评价建立在公开、公正、公平的基础上, 保证评价结果的可信度。

### 1.2 评价指标体系的建立

根据上述原则, 可把区域科技创新能力分解为科技条件、科技投入、科技产出和科技贡献 4 个方面, 具体指标体系见表 1。

表 1 区域科技创新能力评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
科技条件	人力资源	专业技术人员指数
		每万人口中科学家和工程师数
	物质条件	科技活动科研仪器设备指数
科技投入	人力投入	科研新增固定资产占全社会新增固定资产比重
		科技活动人员指数
	经费投入	科技活动人员中科学家、工程师人数比重
		R&D 经费支出指数
		科技活动经费支出指数
科技产出	直接产出	地方政府科技拨款指数
		企业技术开发经费占产品销售收入比重
		每万名科技人员科技论文数
	高新技术	获国家级科技成果奖系数
		每百万人口发明专利批准数
科技贡献	增长方式	科技成果转化率
		高技术产业增加值指数高技术产品产值率
	环境改善	新产品出口占全国比例
		人均 GDP(元人)
环境改善	亿元投资新增 GDP(亿元/亿元)	
	万元 GOP 综合能耗(%)	
环境改善	环境改善	环境污染治理数(%)
		资源综合利用指数

## 2 区域科技创新能力的 RBF 神经网络评价方法

神经网络用于区域科技创新能力综合评价的基本原理, 是将描述区域科技创新能力的基础指标的属性值作为输入向量, 将代表综合评价目标的结果作为网络的输出量, 然后用足够多的样本向量训练网络后, 使不同的输入向量得到不同的输出值, 训练好的网络所具有的权系数便是网络经过自适应学习所得到的正确内部关系 [2,4]。这时, 网络就可以作为一种定性定量相结合的有效工具, 对不同的区域科技创新能力进行综合评价。

### 2.1 评价指标属性值的标准化

由于评价指标体系中既有定性指标又有定量指标, 为使各指标在整个系统中具有可比性, 必须对各指标进行标准化处理 [3]。

(1) 定量指标。因其衡量单位不同, 级差有大有小, 趋向也不一定一致, 因此, 必须进行规范化和同趋势化处理, 方法如下:

效益型指标的效用函数:

$$u(r) = \frac{r - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}} \quad r \in [R_{\min}, R_{\max}] \quad (1)$$

成本型指标的效用函数:

$$u(r) = \frac{R_{\max} - r}{R_{\max} - R_{\min}} \quad r \in [R_{\min}, R_{\max}] \quad (2)$$

(2) 定性指标。对于定性指标, 应将其量化处理, 较常用的方法是专家打分法。

### 2.2 RBF 神经网络方法

RBF 网络是一种性能良好的前向网络, 其基本思想是: 用径向基函数(RBF)作为隐单元的“基”, 构成隐含层空间, 隐含层对输入矢量进行变换, 将低维的模式输入数据变换到高维空间内, 使得在低维空间内的线性不可分问题在高维空间内线性可分。只要中心点选择得当, 只需较少的神经元就可以获得很好的逼近效果, 并且具有唯一最佳逼近点 [6,8]。

#### 2.2.1 RBF 网络模型结构

RBF 网络是一种 3 层前向式网络, 输入层由信号源节点组成; 第二层为隐含层, 隐单元个数由所描述的问题而定, 隐单元的变换函数是对中心点径向对称且衰减的非负非线性函数; 第三层为输出层, 对输入模式做出响应。

在 RBF 网络中, 隐含层单元输出为:

$$R_j^u = \exp \left[ -\frac{1}{2} \sum_{k=1}^N \left( \frac{X_k^u - t_{kj}}{\sigma_{ij}} \right)^2 \right] \quad (3)$$

$$V_j^u = \frac{R_j^u}{\sum_{g=1}^L R_g^u} \quad (4)$$

其中,  $X_k$  为输入层的输入,  $Y$  为输出层的输出,  $V_j$  为隐含层输出;  $W_j$  为从隐含层单元到输出层单元的连接权;  $T_j = (t_{j1}, t_{j2}, \dots, t_{jn})$  为基函数的中心,  $\sigma_j$  为基函数的方差;  $L$  为隐含层单元个数,  $X_k^u$  为输入模式,  $u=1, 2, \dots, p$  ( $p$  为输入模式数)。公式(2)为归一化的径向基函数。

输出层单元的输出为:

$$Y^u = \sum_{j=1}^L W_j V_j^u \quad (5)$$

#### 2.2.2 RBF 网络的学习算法

RBF 网络要学习的参数有 3 个: 基函数的中心和方差以及权值。

(1) 确定基函数中心  $T_j$ 。利用一组输入来计算  $t_{jk}$ , 使  $T_j$  尽可能均匀地对数据抽样, 可以采用“k-均值聚类算法”; 这是一种无监督的学习方法, 不仅简单而且性能良好。具体过程如下:

第一步: 初始化基函数中心  $T_j$ , 根据经验从训练样本集中随机选取不同的样本作为初始中心。通常将基函数中心的初始值设为最初的  $L$  个训练样本的值。

第二步: 随机输入训练样本  $X_k$ 。

第三步: 将样本模式按最近的基函数中心  $T_j$  分组。对每个基函数中心及所有样本模式  $X^u=(X_1^u, X_2^u, \dots, X_n^u)$ , 满足

$$\min_j \left[ \sum_{k=1}^N (x_k^u - t_{jk})^2 \right] \text{ 时的 } X^u \text{ 属于 } T_j \text{ 的子样本集 } j_0$$

第四步: 调整中心  $t_{jk}$ 。

$$t_{jk} = \frac{1}{M_j} \sum_u T_k^u \quad (6)$$

式中  $M_j$  为子样本集  $j$  中的样本模式数。

第五步: 判断是否学完所有的训练样本且中心分布不再变化, “是”则结束, “否”则转到第二步, 最后得到的  $t_{jk}$  即为 RBF 网络的最终基函数中心。

(2) 确定基函数的方差  $\sigma_j$ 。中心一旦学完后就固定了, 接着要确定基函数的方差。求得归一化参数, 即为基函数方差, 它们表示与每个中心相联系的子样本集中样本散布的一个测度。通常用基函数中心与子样本集中样本模式的平均距离表示, 即

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{M_j} \sum_u \sum_{k=1}^N (X_k^u - t_{jk})^2 \quad (7)$$

(3) 确定基函数的学习权值  $j_0$ 。假设相应  $X^u$  的期望输出为  $Z^u$ , 则通常的误差测度则是平方误差最小, 即

$$E = \frac{1}{2} \sum_{u=1}^p (Z^u - Y^u)^2 \quad (8)$$

在基函数的参数确定后, 式中的  $E$  是  $j_0$  的函数, 可以用最小二乘法求解。

### 3 RBF网络的建立以及仿真评价结果

本文根据区域科技创新能力评价的实际需要, 选择了河南省 16 个县, 按照评价指标计算要求, 对县域科技能力的相关信息进行了采集, 并分别对评价指标进行了无量纲化和规范化处理。

选用 12 个县的数据作为训练样本。RBF 网络的训练采用高性能的数值计算可视化软件 MATLAB7.0 建立人工神经网络<sup>[9]</sup>。RBF 网络的输入层神经元个数取决于科技创新能力评价指标体系中三级指标属性值的个数, 由表 1 可知, 其个数为 22 个。输出层神经元个数为 1 个, 即区域科技创新能力综合评价。利用函数 newrbe 创建一个精确的神经网络, 该函数在创建 RBF 网络时, 自动选择隐含层的数目, 使得误差为 0。网络的建立过程就是训练过程, 经过神经网络学习后输出的结果同期望输出基本相符, 误差

在可接受的范围内。将训练好的 RBF 网络基函数的中心、方差和权值以及输出层阈值输入 RBF 网络, 该网络也可以用于其它区域科技能力评价。为了进一步验证选择 RBF 网络作为区域科技能力智能化综合评价方法的可靠性, 采用 4 个县域科技能力评价数据作为已训练好网络的测试样本, 对方法进行验证, 结果比较满意, 说明该网络具有较强的泛化能力, 评价值计算结果如表 2。

表 2 科技能力评价结果

	实际值	网络输出值	网络训练误差
1	0.444	0.4478	-0.0047
2	0.707	0.7091	-0.0021
3	0.542	0.5547	-0.0126
4	0.276	0.2772	-0.0013

### 4 结论

目前, 在对于区域科技创新能力评价尚缺乏定量方法的情况下, 本文提出的神经网络评价方法可以比较简单地得到评价指标的综合评价, 便于对评价指标进行排序优选, 并且还可以对不同地区的科技创新能力进行评价, 从而为政府在科技创新投入决策中进行合理有效的资源配置提供科学的参考依据。

参考文献:

- [1] 李文博, 郑文哲. 基于神经网络的企业技术创新能力综合评价方法[M]. 科技进步与对策, 2005, (2).
- [2] 袁曾任. 人工神经网络及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [3] 唐炎钊. 区域科技创新能力的模糊综合评估模型及应用研究[M]. 系统工程理论与实践, 2004(2).
- [4] Han Min, Cheng Lei & Meng Hua. Application of four-layer neural network on information extraction[J]. Neural Networks, 2003, 16(5).
- [5] 王玉冬. 高新技术企业资金运营效果评价指标体系研究[J]. 科学与科学技术管理, 2003, (6): 34- 35, 59.
- [6] M. J. Orr. Regularization in the Selection of RBF Center. Neural Computation[J]. 1995,(7):606- 607.
- [7] 郭宗楼. 径向基函数网络模型在水质评价中的应用[J]. 浙江大学学报, 2001, 27(3): 335- 338.
- [8] 王玉冬, 藤春贤. 基于 RBF 神经网络的高新技术企业资金运营效果评价[J]. 中国软科学, 2004, (8): 97- 101.
- [9] 闻新, 周零. MATLAB 神经网络应用设计[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

(责任编辑: 来 扬)