



# 基于 Hamming 神经网络的 R&D 项目中止决策方法<sup>1)</sup>

刘 权 官建成

(北京航空航天大学管理学院 北京 100083)

**摘 要** 提出了适用于 R&D 项目中止决策的 Hamming 神经网络方法,用初等数学知识证明了 Hamming 神经网络算法迭代的收敛性,并论述了该方法对正在实施的 R&D 项目进行模式识别的可行性.最后用一个实例验证了本文所提方法的有效性.

**关键词** R&D 项目,中止决策,神经网络

**中图分类号** TP183

## APPLICATION OF HAMMING NEURAL NETWORK TO R&D PROJECT TERMINATION DECISION

LIU Quan GUAN Jian-Cheng

(School of Management, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

**Abstract** An improved Hamming neural network is presented in the paper. Furthermore, the authors explore the possibility of the Hamming neural network to identify attributes of an ongoing R&D project. This study attempts to develop a method to make decisions on R&D project termination in an effective manner. Finally, the validity of the proposed method is verified by an example.

**Key words** R&D project, termination, neural network

### 1 引言

目前国内外比较常用的 R&D 项目中止决策方法有判别分析、统计推断、模糊综合评判等几种方法<sup>[1,2]</sup>.但这些方法对正实施的 R&D 项目进行中止决策时需要预先知道一个合理的阈值,而确定阈值有一定的难度.本文提出一种基于 Hamming 神经网络的 R&D 项目模式识别决策方法.该方法主要是依据 R&D 项目失败或成功的经验作为学习信号,来识别未

1) 国家自然科学基金(79770009)和航空预研项目资助

收稿日期 1999-08-16 收修改稿日期 2000-05-22

知性质的 R&D 项目的类别,从而做出中止研究或继续研究的决策.

## 2 Hamming 神经网络

Hamming 神经网络是一种前馈神经网络,学习方式属于有导师的学习方式,网络结构由两层网络组成<sup>[3]</sup>.图 1 所示为其第一层网络结构(匹配网络),图 2 所示为其第二层网络结构(最大网络).匹配网络中第  $j$  个输出神经元和最大网络中第  $j$  个神经元对应第  $j$  个模式类.第一层网络主要是计算输入模式向量与该网络已经学习过的各样本向量之间的匹配测度,输出接点的激活函数为  $f(u) = (1/n)u$ .第二层网络用于检出同输入模式相匹配的样本,输出接点的激活函数为:当  $u \geq 0$  时,  $f(u) = u$ ;当  $u < 0$  时,  $f(u) = 0$ .该网络用于 R&D 项目中止决策时各符号的含义分别为: $n$  为 R&D 项目的评价指标数; $p$  为 R&D 项目样本的模式类个数; $x_i$  为某个 R&D 项目的第  $i$  个指标的评价值,  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $y^0$  既是待识别向量  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  的第一层网络输出值,又是第二层网络的输入值;  $y^{k+1}$  是  $y^0$  经过第二层网络  $k$  次迭代后的输出向量;  $y_j^{k+1}$  是输入向量经网络  $k$  次迭代后的输出向量的第  $j$  个元素的值,  $j = 1, 2, \dots, p$ .

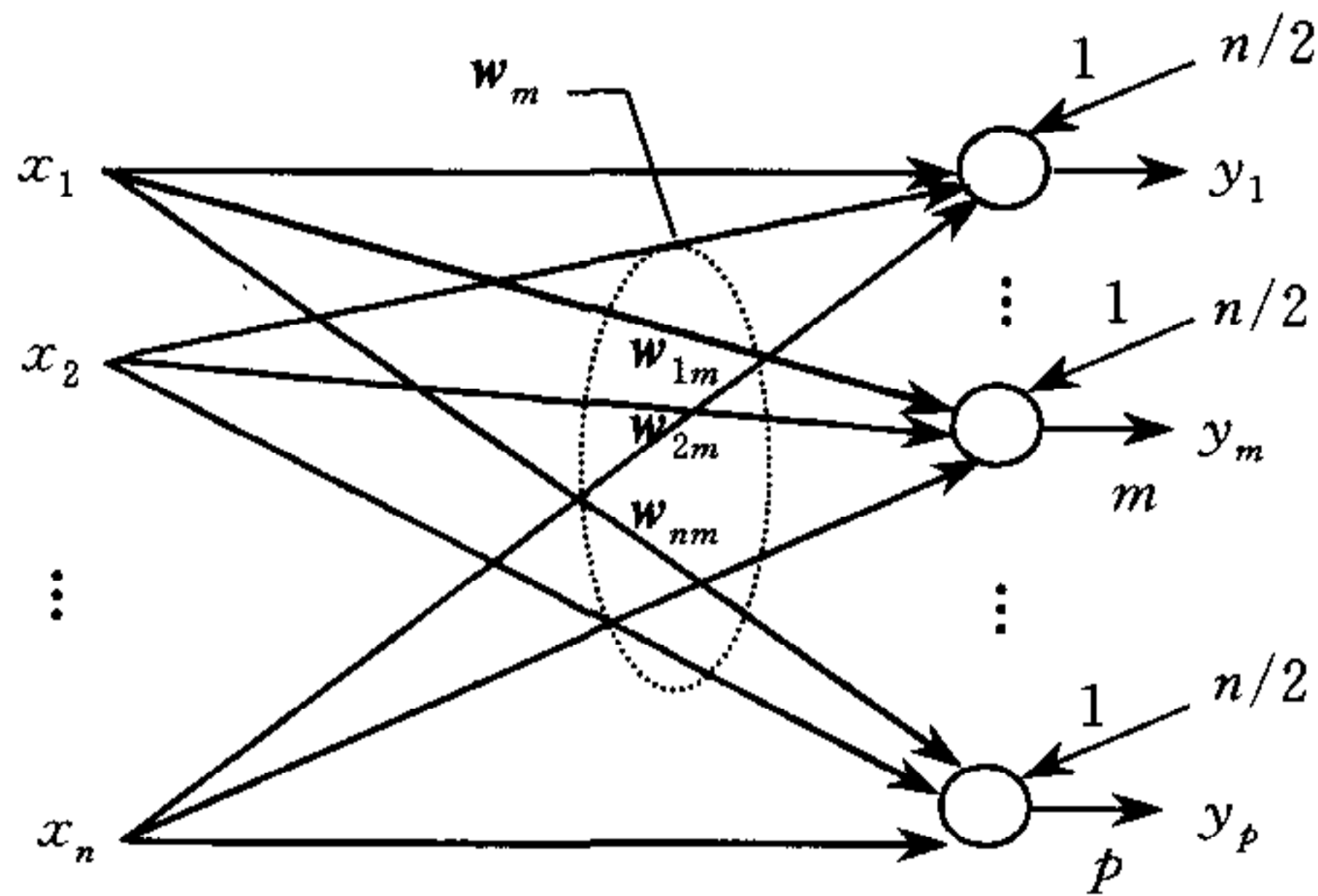


图 1 匹配网络结构

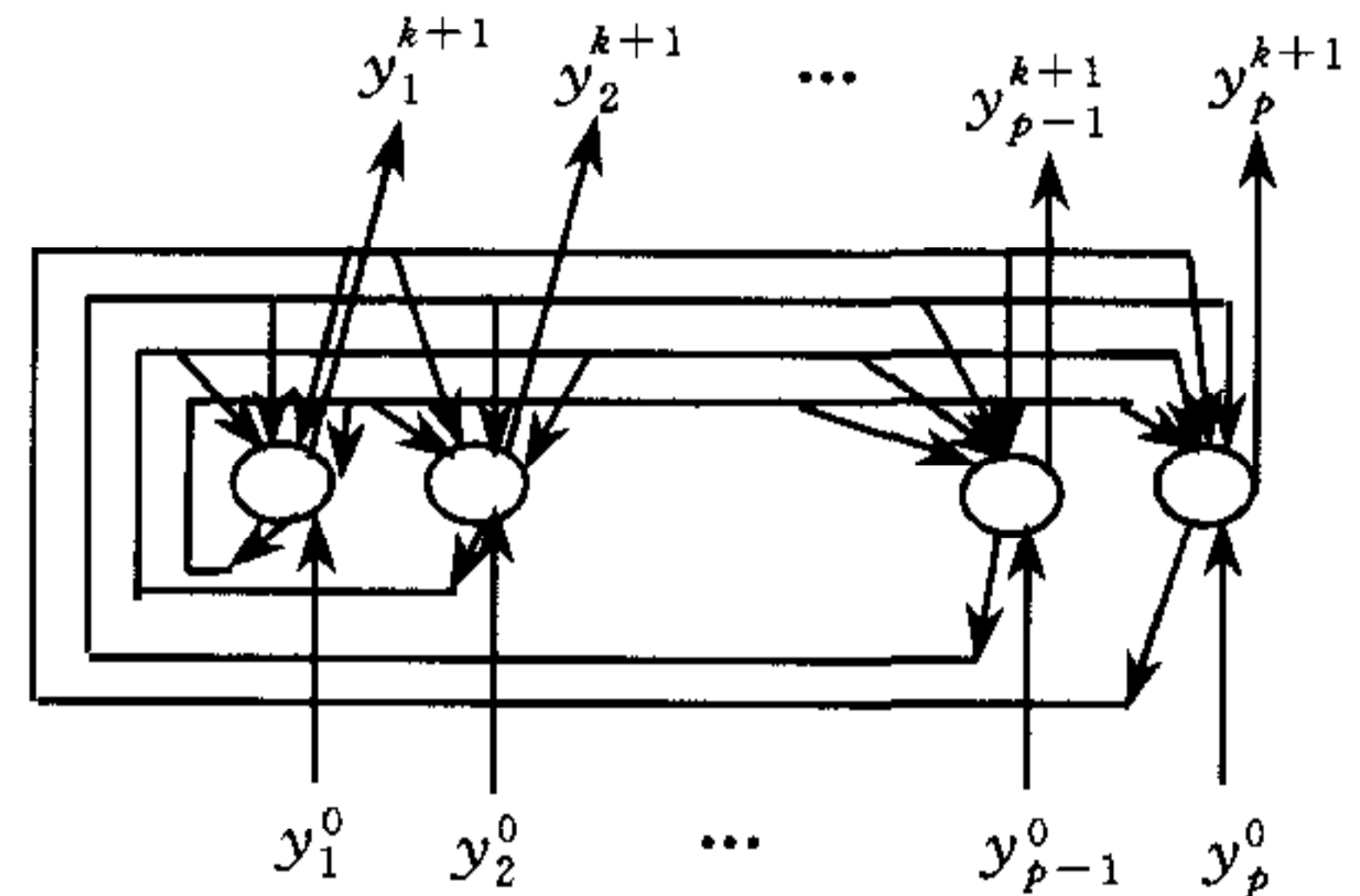


图 2 最大网络结构

现将适用于 R&D 项目中止决策的 Hamming 神经网络学习算法步骤总结如下.

步骤 1. 连接权与阈值赋值.

1) 对第一层网络的连接权与阈值赋值.  $w_{ij} = x_i^j/2$ ,  $\theta_j = n/2$ , 其中,  $w_{ij}$  是匹配网络中第  $i$  个输入接点与第  $j$  个节点之间的连接权,  $\theta_j$  为第  $j$  个节点的阈值,  $x_i^j$  为第  $j$  个模式项目的第  $i$  个指标的评价值,  $1 \leq i \leq n$ ,  $1 \leq j \leq p$ .

2) 按下式对第二层网络的连接权赋值. 当  $k=i$  时,  $t_{ki} = 1$ ; 当  $k \neq i$  时,  $t_{ki} = -\epsilon$ ,  $0 < \epsilon < 1/p$ . 这里,  $t_{ki}$  是第二层网络中第  $k$  个节点与第  $i$  个节点之间的连接权,  $1 \leq k \leq p$ ,  $1 \leq i \leq p$ .

步骤 2. 初始化未知输入模式.  $y_j(0) = f(\sum_{i=1}^n w_{ij}x_i - \theta_j)$ ,  $1 \leq j \leq p$ ,  $y_j(0)$  是第二层网络中第  $j$  个节点在  $t=0$  时的输出,  $f$  是第一层网络的激活函数.

步骤 3. 按下式进行迭代直至收敛

$$y_j(t + 1) = f\left[y_j(t) - \epsilon \sum_{k \neq j} y_k(t)\right],$$

这里,  $1 \leq j, k \leq p$ ,  $\epsilon < 1/p$ ,  $f$  是第二层网络的激活函数. 直到输出向量  $Y^{k+1}$  仅有一个元素不为零时, 迭代结束. 则待识别向量与输出向量  $Y^{k+1}$  中不为零的元素所对应的样本向量模



式类相同.

**引理 1.** 已知  $y_j(t+1) = f\left[y_j(t) - \epsilon \sum_{k \neq j} y_k(t)\right]$ ,  $1 \leq j, k \leq p$ , 其中  $y_j(0)$  是第二层网中第  $j$  个节点在  $t=0$  时的输出 ( $1 \leq j \leq p$ ),  $f$  是第二层网络中线性逻辑阈值作用函数. 如在  $y_1(0), y_2(0), \dots, y_p(0)$  中大于零的个数  $m \geq 2$  时, 假定  $y_i(0) > 0$ ,  $1 \leq i < p$  则增加一个大于零的元素, 且其它元素的值不变时,  $y_i(0)$  经第二层网络迭代下降速度会加快.

**证明.** 设  $y_1(0), y_2(0), \dots, y_p(0)$  中, 大于零的个数为  $m$  (其中  $1 < m < p$ ),  $y_i(0) > 0$ ,  $y_j(0) > 0$ ,  $1 \leq i, j \leq p$ ,  $\nabla y_{ij}(t)$  为  $y_i(0)$  经第二层网络  $t$  次迭代时,  $y_j(0)$  对  $y_i(0)$  下降的绩效函数.

因  $\nabla y_{ij}(1) = -\epsilon y_j(0)$ ,  $\nabla y_{ij}(2) = \nabla y_{ij}(1) - \epsilon y_j(1) + (m-2)\epsilon^2 y_j(0) = (m-2)\epsilon^2 y_j(0) - \epsilon y_j(0) - \epsilon y_j(1)$   
 $\nabla y_{ij}(3) = \nabla y_{ij}(2) - \epsilon y_j(2) + (m-2)\epsilon^2 y_j(1) = (m-2)\epsilon^2 y_j(0) - \epsilon y_j(0) + (m-2)\epsilon^2 y_j(0) - \epsilon y_j(1) - \epsilon y_j(2)$ , 依次类推  $t \geq 2$  时

$$\nabla y_{ij}(t) = (m-2)\epsilon^2 y_j(0) - \epsilon y_j(0) + (m-2)\epsilon^2 y_j(1) - \epsilon y_j(1) + \dots + (m-2)\epsilon^2 y_j(t-2) - \epsilon y_j(t-2) - \epsilon y_j(t-1),$$

又因  $0 < \epsilon < 1/p$ , 所以  $(m-2)\epsilon^2 y_j(t-2) - \epsilon y_j(t-2) \leq (m-2)\epsilon y_j(t-2)/p - \epsilon y_j(t-2) \leq 0$ , 并且有  $(m-2)\epsilon^2 y_j(0) - \epsilon y_j(0) < (m-2)\epsilon y_j(0)/p - \epsilon y_j(0) < 0$ ,

因此  $\nabla y_{ij}(t) = (m-2)\epsilon^2 y_j(0) - \epsilon y_j(0) + (m-2)\epsilon^2 y_j(1) - \epsilon y_j(1) + \dots + (m-2)\epsilon^2 y_j(t-2) - \epsilon y_j(t-2) - \epsilon y_j(t-1) < 0 + 0 + \dots + 0 - \epsilon y_j(t-1) \leq 0$ ,

所以  $y_1(0), y_2(0), \dots, y_p(0)$  中, 在  $y_i(0)$  (其中  $y_i(0) > 0, 0 < i < p$ ) 的值不变时, 增加一个大于零的数,  $y_i(0)$  经第二层网络迭代时,  $y_i(0)$  下降速度会加快. 证毕.

**定理 1.** 已知  $y_j(t+1) = f\left[y_j(t) - \epsilon \sum_{k \neq j} y_k(t)\right]$ , 其中  $0 < \epsilon < 1/p, 1 \leq j, k \leq p$ ,  $y_j(0)$  ( $1 \leq j \leq p$ ) 是第二层网中第  $j$  个节点在  $t=0$  时的输出,  $f$  是第二层网络的非线性逻辑阈值作用函数. 若  $y_j(0)$  ( $1 \leq j \leq p$ ) 中最大值唯一, 则  $y_j(0)$  ( $1 \leq j \leq p$ ) 经第二层网络迭代的结果为仅有一个元素是正数, 其余全为零.

**证明.** 该证明过程分两步进行. 首先假定  $y_j(0) = \max\{y_i(0), 1 \leq i \leq p\}$ , 证明  $y_j(0)$  经第二层网络多次迭代时, 输出仍为正数.

因为  $y_i(t+1) = f\left[y_i(t) - \epsilon \sum_{k \neq i} y_k(t)\right]$ , 其中  $f$  是第二层网络的非线性逻辑阈值作用函数, 所以  $y_k(t) \geq 0, k=1, \dots, p$ , 且  $y_k(0), y_k(1), \dots, y_k(t), k=1, \dots, p$ , 为单调递减数列, 且对于  $t \geq 0$  都有  $y_j(t) \geq y_k(t), k=1, \dots, p$ . 因此对于  $t \geq 0$ , 都有  $\sum_{k=1} y_k(t) < p y_j(t)$ , 即  $\sum_{k \neq j} y_k(t) < (p-1)y_j(t)$ , 所以

$$y_j(t) - \epsilon \sum_{k \neq j} y_k(t) > y_j(t) - \epsilon(p-1)y_j(t) > y_j(t) - \frac{p-1}{p} y_j(t) > \frac{1}{p} y_j(t) \geq 0,$$

即  $y_j(t) - \epsilon \sum_{k \neq j} y_k(t) > 0$ . 因此,  $y_j(0)$  经第二层网络迭代后,  $y_j(t+1)$  一定仍为正数.

其次假定  $y_i(0) = \min\{y_j(0), \text{且 } y_j(0) > 0, 1 \leq j \leq p\}$ , 证明  $y_i(0)$  经第二层网络多次迭代结果为零.

下面证明  $y_1(0), y_2(0), \dots, y_p(0)$  中, 在仅有  $y_i(0), y_k(0)$  ( $1 \leq i, k \leq p, y_i(0) < y_k(0)$ ) 是大于零的情况下,  $y_i(0)$  经第二层网络多次迭代后输出为零. 由于

$$y_j(t+1) = f\left[y_j(t) - \varepsilon \sum_{k \neq j} y_k(t)\right] \quad (1)$$

其中,  $1 \leq j, k \leq p$ ,  $f$  是第二层网络中非线性逻辑阈值作用函数. 所以当迭代式

$$y_i(t+1) = y_i(t) - \varepsilon \sum_{k \neq i} y_k(t) \quad (2)$$

首次出现负值或零时,  $y_i(0)$  经式(1)迭代  $t$  次的输出  $y_i(t+1) = 0$ .

$y_1(0), y_2(0), \dots, y_p(0)$  中, 在仅有  $y_i(0), y_k(0)$  大于零时, 则由迭代式(2)可得

$$y_i(1) = y_i(0) - \varepsilon y_k(0) = C_1^0 y_i(0) - \varepsilon C_1^1 y_k(0)$$

$$y_i(2) = y_i(0) - 2\varepsilon y_k(0) + \varepsilon^2 y_i(0) = C_2^0 y_i(0) - \varepsilon C_2^1 y_k(0) + \varepsilon^2 C_2^2 y_i(0)$$

⋮

$$y_i(t) = y_i(0) - t\varepsilon y_k(0) + \frac{1}{2}\varepsilon^2 y_i(0)t(t-1) + \dots = C_t^0 y_i(0) - C_t^1 \varepsilon y_k(0) + C_t^2 \varepsilon^2 y_i(0) + \dots =$$

$$C_t^0 y_i(0) - C_t^1 \varepsilon y_i(0) + C_t^2 \varepsilon^2 y_i(0) + \dots + (-1)^t C_t^t \varepsilon^t y_i(0) - (C_t^1 \varepsilon + C_t^3 \varepsilon^3 + \dots)(y_i(0) - y_k(0)) =$$

$$(1-\varepsilon)^t y_i(0) - (C_t^1 \varepsilon + C_t^3 \varepsilon^3 + \dots)(y_i(0) - y_k(0)) < (1-\varepsilon)^t y_i(0) - C_t^1 \varepsilon (y_i(0) - y_k(0)).$$

因  $0 < (1-\varepsilon) < 1$ , 所以  $\lim_{t \rightarrow +\infty} (1-\varepsilon)^t = 0$ , 又因  $\varepsilon C_t^1 (y_i(0) - y_k(0)) > \varepsilon (y_i(0) - y_k(0))$ , 而  $\varepsilon (y_i(0) - y_k(0))$  为定值. 因此一定存在  $t^*$ , 使  $(1-\varepsilon)^{t^*} y_i(0) \leq \varepsilon (y_i(0) - y_k(0))$  成立. 即  $y_i(0)$  经式(1)有限次迭代后, 一定为非正值. 因此  $y_i(0)$  经式(1)多次迭代后输出为零.

由引理 1 可知,  $y_1(0), y_2(0), \dots, y_p(0)$ , 在有 2 个以上的元素大于零的情况下,  $y_i(0)$  经第二层网络多次迭代时输出也为零. 同理  $y_1(0), y_2(0), \dots, y_p(0)$  中, 除最大值外, 其余大于零的元素经第二层网络多次迭代后输出一定也为零.

由以上两步可知, 一个输入  $y^0 = (y_1(0), y_2(0), \dots, y_p(0))^T$  经过第二层网络多次迭代后一定收敛于仅有一个元素是正值、其余元素全为零的向量. 证毕.

### 3 案例分析

在综合文献[2, 4, 5]所提出的 R&D 项目成功/失败的主要因素基础上, 结合某企业 R&D 活动的实际情况, 本文选取 R&D 项目在某个阶段的 14 个评价指标, 对某企业正在实施的 R&D 项目进行模式识别. 并从本研究小组已识别 R&D 项目中, 选出有代表性的成功 R&D 项目、失败 R&D 项目、暂缓 R&D 项目样本各一个(A, B, C), 以及任选待识别对象 D. 这 4 个项目的各指标值由表 1 给出.

表 1 样本及待识别对象的各指标分值列表

指标	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	类别
A	7.5	7.3	4.6	6.4	5.1	5.1	7.2	7.8	5.2	6.4	7.5	6.9	6.9	3.3	成功
B	6.8	4.8	3.6	6.7	3.2	5.1	5.3	7.5	5.2	5.3	7.9	5.1	5.1	2.7	暂缓
C	3.4	2.7	4.9	3.1	7.5	3.1	5.2	3.0	7.0	4.8	3.2	5.0	3.2	3.2	失败
D	7.9	7.4	6.5	7.7	5.4	5.2	7.2	4.6	5.1	7.1	3.5	6.1	7.6	3.3	待识

资料来源: 作者所在技术创新与 R&D 项目中止决策研究小组的调查

对表 1 中的数据进行双极转换, 便可得出匹配网络的连接权矩阵, 对待识别向量  $D$  经 Hamming 网络最大网迭 5 代运算后收敛于向量  $y^{12} = \{0.3456, 0, 0\}$ . 因此, 向量  $D$  与向量  $A$  属同一模式. 因此, 对该项目的中止决策为应继续进行研究.



## 4 结论

上述案例分析表明 Hamming 神经网络方法在 R&D 项目的中止决策时能够得到令人满意的结果,从计算方法上看迭代输出一定能得到一个收敛的结果,而且迭代收敛所需次数较少(一般仅需几步即可),计算量也较少,简单易行.

## 参 考 文 献

- 1 屈交胜,官建成. R&D 项目中止决策的 Fuzzy 动态综合评判. 科研管理, 1996, 17(9):36~42
- 2 Brockhoff K. R&D Project termination decisions by discriminant analysis — an international comparison. *IEEE Trans. EM.*, 1994, 41(3):245~254
- 3 陈 明. 神经网络模型. 大连:大连理工大学出版社,1995
- 4 Balachandra R. Early Warning Signals for R&D Projects. Lexington, MA: Lexington Books, 1989
- 5 Kumar V, Sersad A N, Kumar U. To terminate or not ongoing R&D project: A managerial dilemma. *IEEE Trans. EM.*, 1996, 43(3):273~284

**刘 权** 北京航空航天大学管理学院博士研究生. 研究方向为 R&D 项目中止决策与控制、神经网络理论与应用.

**官建成** 北京航空航天大学管理学院教授,博士生导师. 研究方向为 R&D 管理、技术创新管理.

(上接第 271 页)

### 中国自动化学会 2002 年一般专题学术活动计划

项目名称	主要内容	时间	地点	联系人
第十七届青年学术年会	年会主题:未来自动化领域的机遇与挑战	7 月	北戴河	河北省秦皇岛市燕山大学电气工程学院 关新平、罗小元 电话:(0335)8057041 8057034 邮编:066004 E-mail: xpguan@ysu.edu.cn
全国自动化教育学术年会	自动化教育的发展、科研、人才培养以及教育经验等方面的研讨	4 季度	待定	北京清华大学自动化系 肖德云 电话:62785845 邮编:100084
中国机器人竞赛暨研讨会	FIRA 机器人比赛,机器人体系结构、传感技术、视觉、规划与决策技术、协作、竞争与学习等	6 月	上海	北京清华大学计算机系 钱宗华 电话:62788939 邮编:100084
第四届中国重庆自动化与仪器仪表展览会	产品展示、技术交流	3 月 14 日至 16 日	重庆	重庆市 1506 信箱 孙怀义 电话:(023)68268572 邮编:400708