

文章编号: 1001-0920(2001)0S-0717-04

一种基于模糊遗传神经网络的信息融合技术及其应用

孙有发¹, 陈世权¹, 吴今培¹, 刘永清², 马强³, 张超³

(1. 五邑大学 智能技术与系统研究所, 广东 江门 529020; 2. 华南理工大学 系统工程研究所, 广东 广州 510641; 3. 广东省自然科学基金委员会 管理办公室, 广东 广州 510033)

摘要: 在基于广义模糊加权型推理的模糊神经网络基础上, 融合非一致性自适应遗传算法, 建立了一种模糊遗传神经网络, 并将其应用于科研智能管理专家系统中。实际应用表明了网络模型和算法的有效性, 并取得了令人满意的效果。

关键词: 模糊神经网络; 非一致性自适应遗传算法; 智能管理

中图分类号: TP 182 **文献标识码:** A

Fuzzy Genetic Neural Network Based Information Syncretic Technology and Its Application

SUN You-fa¹, CHEN Shi-quan¹, WU Jin-pei¹, LIU Yong-qing², MA Qiang³, ZHANG Chao³

(1. Institute of Intelligent Technology & Systems, Wuyi University, Jiangmen 529020, China;

2. Institute of Systems Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641,

China; 3. Natural Science Founding Council of Guangdong, Guangzhou 510033, China)

Abstract: Fuzzy genetic neural network is developed based on fuzzy neural network with improving fuzzy weighted reasoning method, syncretizing the inconsistent self-adaptive genetic algorithm. When the network is applied in science research intelligent management, its prototype and algorithm are testified to be feasible and effective.

Key words: fuzzy neural network; inconsistent self-adaptive genetic algorithm; intelligent management

1 引言

目前, 模糊技术、神经网络和遗传算法是计算智能领域的三大重要信息处理方法和计算工具, 以它们为基础的信息处理融合与协作技术已引起国内外

学者的广泛关注。我们建立了一种基于广义模糊加权推理型和非一致性自适应遗传算法的模糊神经网络, 并将其应用于科研项目的评审中, 取得了令人满意的效果。

收稿日期: 2001-03-12; **修回日期:** 2001-04-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(70071023, 60075014); 广东省自然科学基金项目(000874)

作者简介: 孙有发(1976—), 男, 江西临川人, 硕士生, 从事系统工程和智能信息处理的研究; 吴今培(1937—), 男, 江西吉安人, 教授, 博士生导师, 从事智能信息处理等研究。

2 模糊遗传神经网络的信息融合

2.1 广义模糊加权型推理法

针对模糊神经网络的特点,将Mamdani推理法进行改进^[1,2],得到一种广义模糊加权型推理法:

设模糊推理结论 Y 为模糊集,且划分为 l 个模糊子集,即Mamdani推理法的模糊规则的结论变为 $w_{j1}/y_1, w_{j2}/y_2, \dots, w_{jl}/y_l, w_{jk}/y_k (j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, l)$,它是构成模糊集合 Y 的一个元素。其中, y_k 是结论隶属函数的支集值; w_{jk} 表示权重,并不表示 y_k 的等级, w_{jk} 可解释为模糊规则的“重视度”或“重要度”。当 $w_{jk} = 1$ 时,推理为简化推理法;当 $w_{jk} > 1$ 时,表示对第 j 条规则的强调;当 $0 < w_{jk} < 1$ 时,表示对第 j 条规则的抑制。输入变量 $X_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 及其它条件不变时,模糊规则集可表示为

$$\text{or}_{j=1}^m \left(\text{If} \left(\text{and}_{i=1}^n (x_i \text{ is } A_{ij}) \right) \right)$$

Then Y is $w_{j1}/y_1, w_{j2}/y_2, \dots, w_{jl}/y_l$ (1)

其中, m 为模糊规则数, n 为输入变量个数。将推理结果中的“ ”运算改为“ \cdot ”运算,并定义事实: X_1 is a_1 and X_2 is a_2 and ... and X_n is a_n

同理,由各模糊规则可推理出各结论隶属函数支集值的隶属度

$$\mu_j(y_k) = \mu_{A_{1j}}(x_{1j}) \times \mu_{A_{2j}}(x_{2j}) \times \dots \times \mu_{A_{nj}}(x_{nj}) \times (w_{j1}/y_1, w_{j2}/y_2, \dots, w_{jl}/y_l) (X, Y) = \mu_{A_{1j}}(a_1) \mu_{A_{2j}}(a_2) \dots \mu_{A_{nj}}(a_n) \times \mu_{A_{1j} \times A_{2j} \times \dots \times A_{nj}}(w_{j1}/y_1, w_{j2}/y_2, \dots, w_{jl}/y_l) (X, Y) \quad (2)$$

其中, $j = 1, 2, \dots, m; X = (X_1, X_2, \dots, X_n)^T = (a_1, a_2, \dots, a_n)^T, A \subset U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n$

则最终的结论 y_0 可由下面改进的加权平均法求得,即

$$y_0 = \frac{\sum_{k=1}^l \left(f \left(\sum_{j=1}^m \mu_j(y_k) w_{jk} \right) y_k \right)}{\sum_{k=1}^l \left(f \left(\sum_{j=1}^m \mu_j(y_k) w_{jk} \right) \right)} \quad (3)$$

其中, $f(x)$ 可取 Sigmoid 型函数,即 $f(x) = 1/(1 + \exp(-\lambda x))$, λ 为常数。

2.2 基于模糊加权型推理法的模糊神经网络^[3]

模糊规则的自动提取和模糊变量隶属度函数的自动调整,一直是困扰模糊信息处理技术进一步推广的难题。神经网络在学习和自动模式识别方面有很强的优势,采用神经网络技术进行模糊信息处理,使得模糊规则的自动提取和模糊隶属度函数的自动调整得以有效解决。因此我们在广义模糊加权型推

理法的基础上建立了一种模糊神经网络,其结构如图1所示。

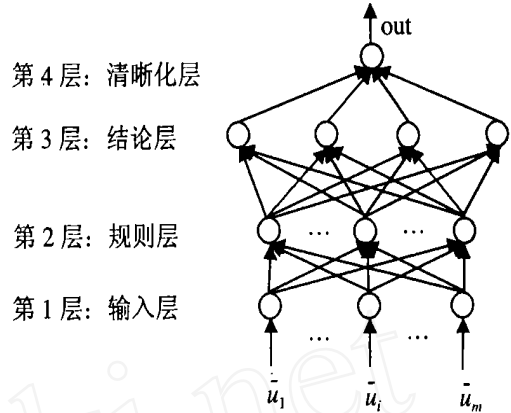


图1 模糊神经网络结构

第1层:输入层。将已模糊化的数据作为网络输入量。

第2层:规则层。实现模糊推理规则,执行“与”操作。例如:该系统输入变量的模糊集定义为{优,良,中,差,极差}时,第1个节点表示 If X_1 is 优 and X_2 is 优 ... Then ...; 第2个节点表示 If X_1 is 优 and X_2 is 良 ... Then ...。

第3层:结论层。执行“或”运算以合成具有相同结论的加权规则,并列规则输出。本系统中,该层设有4个结论{优先资助,同意资助,需要修改部分内容,不同意资助}。

第4层:清晰化层。用“重心法”实现去模糊操作。用于输出资助意见{资助,不资助}之一。

上述网络实质是采用神经网络结构和模糊逻辑的推理机制。首先将模糊规则利用神经网络表示出来,生成的神经网络用于实现模糊推理;其次利用修改的BP算法训练神经网络,提高系统的精度,求精模糊规则;最后从神经网络中提取模糊规则。训练过的网络便可用于模糊控制和模糊识别。

2.3 遗传算法与模糊神经网络的融合

本文在基于广义模糊加权型推理的模糊神经网络基础上,融合一种新的遗传算法——非一致性自适应遗传算法^[4],建立了模糊遗传神经网络。

在传统的遗传算法中,算子的作用与演化代数及解的质量没有直接关系,当算法演化到一定代数后,由于缺乏局部搜索或因全程搜索的范围相同,从而使遗传算子或是很难获得收益或是效率很低。基于上述原因,我们将变异算子的结果与演化代数联系起来,并考虑当前解的质量,使得在演化初期,变异的范围相对较大,而随着演化的推进,变异的范围

越来越小,且适应值大的个体在较小范围内搜索,而适应值小的个体在较大范围内搜索,并用一个自适应参数来决定非一致性变异程度。具有该思想的遗传算法称为非一致性自适应遗传算法。其结构如下:

```

Procedure is A GA
Begin
  t = 0
  initialize P (t)
  evaluate P (t)
  while (not termination condition) do
    begin
      t = t + 1
      ranking the fitness of P (t)
      count the self-adaptive selecting
      probability  $p_s$ 
      select P (t) from P (t - 1)
      count the self-adaptive cross-
      over probability  $p_c$ 
      cross-over P (t)
      count the self-adaptive mutating
      probability  $p_m$ 
      count the inconsistent mutation
      quantum  $\Delta$ 
      mutate P (t)
      recombine P (t)
    end
  end
end

```

有关该算法算子的具体设计参见文献[5]。本文将该算法应用于 FNN 域的训练样本预处理和网络连接权值优化。

3 应用实例及分析

将建立的模糊遗传神经网络模型应用于广东省自然科学基金科研项目立项评审,以验证模型和算法的有效性。

立项评审主要是通过多名申请课题所处学科内的专家对申请课题的 16 项指标进行评估。这些指

标集是在多年评审中归纳出的一个体系,它可分为四大项,每一大项中包含 3~5 个具体指标,如表 1 所示。立项评审具体的操作过程参见文献[6]。

3.1 立项评审中的问题

在自然科学基金立项评审过程中,存在大量的不确定因素,它们主要来自申请项目本身、信息的不完备性及误差、评审专家认识的局限性和评价活动组织实施中不可控因素等,因而专家评审结果具有很强的不确定性、随机性、模糊性及主观判断性等特性。如何处理项目评审过程中的不确定因素,并通过这些具有不确定性的指标评价值,做到“公平、公正、科学”地选拔、资助具有价值意义的科研项目,是亟待解决的问题。

3.2 解决方案

对于以上问题,文献[3]采用的是基于集值统计的方法,建立模糊神经网络专家系统。虽然这是较好的解决方案,但所建立的模糊神经网络隐含层神经元过多,学习速度慢,泛化能力弱,易受噪音数据干扰和误导,甚至陷入局部寻优,从而降低了专家系统的性能。分析其原因,发现多年的学习样本中充满了大量的冗余样本,甚至少量互斥样本。另外,网络结构及连接权值不优化也是影响系统性能的一个因素。对此,本文提出以下解决方案:

3.2.1 利用 GA 对 FNN 训练样本进行数据预处理

通过对专家评审表的分析表明,多数专家对项目指标的评价集中在某些区间,常规的综合评价方法难以对指标评价值分布如此密集的项目进行分类。因此利用 GA 对评审数据进行特征提取^[7],如利用 GA 选择数据集的参数和每一特征的尺度因子,以此来缩小数据间类内差别,加大类间差别,然后用 FNN 进行分类,从而大大改进了网络的模式分类性能。

本文对评审项目的每个指标综合评价价值设置 4 个尺度参数,即把指标评价分成 5 个等级,共有 64 个参数用遗传算法来优化。

运行遗传算法后,即可得到基于评审知识的优化参数,其结果不同于常规的等区间非相关离散结

表 1 申请课题的 16 项指标集

大 项	指 标
立项依据	科学意义,应用前景,创新程度,立项依据,国内外研究现状
研究方案	研究内容,研究方法和技术路线,实现目标的可信度,经费预算和落实情况
研究基础	与本项目有关的研究工作积累,已具备的研究条件,研究队伍
综合意见	评审专家对本项目的熟悉程度,综合评价,是否为交叉学科或新兴学科,资助意见

果,如第一个指标的4个优化尺度参数为0.7051, 0.5296, 0.4072, 0.2341。这样某个项目的指标综合评价值为

$$p = \begin{bmatrix} 0.2864 & 0.3691 & 0.3691 & 0.3681 \\ 0.3698 & 0.3691 & 0.3350 & 0.4324 \\ 0.4324 & 0.4324 & 0.5345 & 0.5856 \\ 0.8445 & 0.3010 & 0.7511 & 0.2377 \end{bmatrix}$$

经过遗传算法优化处理后的指标综合评价值为

$$p = \begin{bmatrix} 0.2500 & 0.2500 & 0.2500 & 0.2500 \\ 0.5000 & 0.2500 & 0.5000 & 0.5000 \\ 0.5000 & 0.5000 & 0.7500 & 1.0000 \\ 0.2500 & 0.7500 & 0.0000 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

3.2.2 利用GA对FNN的连接权值进行优化

利用GA进化选择网络最佳连接权值具有多方面独特的优越性,如进化学习不依赖于导数信息,并行度高,善于处理解空间为复杂、多峰值的全局优化问题。本文结合GA与FNN各自的优点,先利用GA的强全局搜索能力进行粗学习,再利用BP的最速梯度下降特性进行细学习,以加快网络连接权的进化学习收敛过程。

3.3 应用效果

将基于广义模糊加权型推理的模糊遗传神经网络应用于广东省自然科学基金科研项目立项评审。首先用遗传算法对1999年度的764个有效申请项目的评审结果进行数据预处理,得到模糊神经网络的学习样本,网络学习速度大大提高,没有出现不收敛情况。将训练过的网络用于1999年度704项自由申请项目的评审,实际拟合率为95.45%,取得了令人满意的应用效果。

4 结 语

本文首先阐述了模糊系统、神经网络和遗传算法的优缺点,然后在基于广义模糊加权型推理的模糊神经网络基础上,融合非一致性自适应遗传算法,建立一种模糊遗传神经网络,并将其应用于科研智能管理专家系统。实际应用结果表明了网络模型和算法的有效性。关于遗传算法与模糊神经网络的更紧密的融合技术,如用遗传算法替代BP算法,遗传算法与模糊逻辑的结合等,值得进一步研究。

参考文献

- [1] 王士同. 神经模糊系统及其应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998. 48-56
- [2] 陈世权, 孙有发, 李秀平, 等. 模糊排序专家系统及其在科研管理中的应用[J]. 模糊系统与数学, 2000, 14(1): 94-99
- [3] 孙有发, 陈世权, 刘永清, 等. 基于集值统计的专家系统及其应用[A]. 华南理工大学电子与信息学科研究生学术论文集[C]. 广州, 2000. 150-155
- [4] 孙有发, 陈世权, 刘永清, 等. 非一致性自适应遗传算法及其应用[A]. 华南理工大学电子与信息学科研究生学术论文集[C]. 广州, 2000. 156-161
- [5] 宋爱国, 陆佳人. 极度并行计算: 演化算法和演化神经网络的研究进展[J]. 系统仿真学报, 1998, 15(2): 14-19
- [6] 肖健华, 吴今培, 陈世权, 等. 基金项目立项评审系统的设计[J]. 系统工程, 1999, 17(5): 71-76
- [7] 王以直, 张志强, 李敏强. 杂合遗传算法与计算智能[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 14(3): 54-56

(上接第716页)

- [3] C R L in, J S L iu. QoS routing in Ad Hoc wireless network[J]. IEEE J on Selected Areas in Communications, 1999, 17(8): 1426-1438
- [4] M Gerla, J T C Tsai. Multicluseter, mobile, multimedia radio Network [J]. ACM-Baltzer J of Wireless Networks, 1995, 1(3): 255-265

- [5] G L Nemhauser, L A Wolsey. Integer and combinatorial optimization [M]. New York: John Wiley & Sons, 1988
- [6] 马仲蕃. 线性整数规划的数学基础[M]. 北京: 科学出版社, 1995