

软计算融合技术研究

王大将¹, 王敏²

(1. 南京陆军指挥学院 作战实验中心, 江苏 南京 210045;

2. 南京陆军指挥学院 图书馆, 江苏 南京 210045)

摘要:软计算是求近似而非精确解的有效计算方法,已经在众多领域得到应用,取得了很好的效果。然而,每个软计算方法具有鲜明的特色和迥异的侧重点,在实际应用中存在一些不足,将软计算方法进行融合,优势互补,是促进软计算发展的关键技术之一。文中简要介绍了软计算发展概况,结合粗糙集、神经网络、模糊逻辑、遗传算法、人工免疫算法等软计算方法,详细分析了软计算融合技术的现状及分类,指出了该领域面临的缺乏理论基础、设计原则、定量评价等主要问题及其发展趋势。

关键词:软计算;融合技术;粗糙集;神经网络;模糊逻辑;遗传算法;人工免疫算法

中图分类号:TP18

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)04-0097-04

Research on Fusion Technology of Soft Computing

WANG Da-jiang¹, WANG Min²

(1. Operations Research Center, Nanjing Army Command College, Nanjing 210045, China;

2. Library of Nanjing Army Command College, Nanjing 210045, China)

Abstract: Soft computing refers to those methods which pursue approximate solution effectively. These methods have been successfully used in many aspects. However, every soft computing method has its advantages and shortages in practical applications. Thus, fusion technology of soft computing is one of key technologies for promoting the development of soft computing. It briefly presents the developments of soft computing, analyzes fusion technology of soft computing in detail based on rough set, genetic algorithm, fuzzy logic, genetic algorithm and artificial immune algorithm. In addition, discuss the key problem and the future of fusion technology of soft computing such as theoretical basis, design rules and quantitative evaluation.

Key words: soft computing; fusion techniques; rough set; neural network; fuzzy logic; genetic algorithm; artificial immune algorithm

0 引言

软计算(Soft Computing)方法是在20世纪90年代由Zadeh教授将模糊技术与智能技术相结合来解决不确定性问题而提出的,是能够处理现实环境中一种或多种复杂信息的方法集合^[1]。与传统的硬计算(Hard Computing)不同,软计算并不追求问题的精确解,其目的在于容忍现实世界普遍存在的不精确性、不确定性和部分真实性,以获得贴近实际、鲁棒性好、易处理、低成本的性能,当无法或者很难求得问题的最优解时,退而求其次,求其次优解。

软计算方法建立的模型更接近客观事物本身,更贴近人类的思维模式,使得对问题的求解更具有智能性。

软计算主要包括:粗糙集(Rough Set, RS)、模糊逻辑(Fuzzy Logic, FL)、神经网络(Neural Network, NN)、遗传算法(Genetic Algorithm, GA)、粒子群算法(Particle Swarm Optimization, PSO)、人工免疫算法(Artificial Immune Algorithm, AIA)、模拟退火(Simulated Annealing)、混沌(Chaos)等。

近年来,软计算取得了飞速发展,已在多个科学领域有着广泛应用,如复杂系统分析、决策、优化、过程控制、信号处理、模式识别、知识学习、故障诊断、图形图像处理、数据压缩等方面,它与各个领域的专业技术结合成为具体应用实现的有效手段。同时,由于软计算成员之间是相互协作的,而不是互相排斥的,它们各自具有鲜明的特色和迥异的侧重点,将软计算方法进行融合,优势互补,在问题求解层面上极具重要的研究意义。

正是由于软计算的这一特点,除了要对各种独立的软计算方法进行研究以外,更为重要的是研究各种软计算方法的融合技术。

收稿日期:2011-07-30;修回日期:2011-11-02

基金项目:江苏省高校自然科学基金(05KJB520048)

作者简介:王大将(1983-),女,江苏淮安人,硕士,讲师,研究方向为软计算、数据挖掘。

1 软计算融合技术现状

1.1 软计算融合技术

哲学上认为“整体大于部分之和”，软计算的每一种方法为现实问题的求解提供了一种独特方法，它们在对问题求解时是互为补充而非竞争，将软计算方法进行融合，往往比单独使用某一种方法更能有效地解决问题。

各种软计算方法各有其特点。在优势方面，神经网络具有自组织、自学习、高度容错和泛化能力强的特点；模糊逻辑具有人类思维的某些特点，具有不精确、不确定的推理能力；遗传算法具有能够处理参数多、结构复杂问题的全局寻优能力；粗糙集无需任何先验知识，可以从大量的数据中获取隐含知识的能力等。在局限性方面，神经网络存在训练时间长、知识解释性差等问题；模糊逻辑因过度依赖专家知识使其应用范围受到限制；遗传算法具有稳定性差、收敛速度慢等缺陷；粗糙集对噪声敏感，在最优约简中存在 NP 问题等。为了克服单一方法的不足，融合各种方法信息处理的优点，将获得鲁棒性强、成本较低的信息处理方法。例如：在神经网络设计过程中，对隐层数目及隐节点数目的确定没有统一的方法，通常是经验公式确定范围，然后不断实验。这样的设计方式计算量大，时间和空间开销大，另外所获得的神经网络会存在较多的冗余。将粗糙集理论应用于神经网络的设计、训练等环节，虽然应用方式各有不同，但其都可以在一定程度上提高神经网络的性能；模糊系统具有很好的推理能力，但它本身不具有学习和计算能力，所以模糊系统的设计往往由神经网络和遗传算法来完成。

当前，软计算融合技术已经在故障诊断、决策分析、数据挖掘、智能控制等多个领域得到应用，融合的方式主要包括用人工神经网络设计模糊系统、用模糊理论设计人工神经网络、用遗传算法设计模糊系统、用遗传算法自动训练以及产生人工神经网络、用粗糙集约简神经网络的输入、用粗糙集所获得的知识设计神经网络、用遗传算法对粗糙集约简等。下面结合作者近些年的实践，对软计算融合方式进行分类。

1.2 软计算融合技术分类

目前，存在多种软计算融合技术。软计算融合技术的分类有不同的方式，可以从逻辑结构、融合内容、融合成员性质、融合时序等方面进行分类。按照逻辑结构，可分为串联结构、镶嵌结构、并联结构。按照融合内容，可分为组合融合、容错融合、分层融合。按照融合成员性质可分为：软计算之间融合、软计算与硬计算之间融合。按照融合时序，可分为同步融合、异步融合^[2]。

下面分别从三方面介绍软计算融合技术。

1.2.1 按融合结构分类

软计算融合技术按照结构可分为：串联结构、镶嵌结构、并联结构。

图 1~图 3 分别表征了这三种融合方式。文献[3]中的融合方法是利用串联结构，该方法运用粗糙集的基本理论，从大量原始数据中发现精简的、概略化的规则，结合模糊逻辑推理，建立一致粗糙模糊模型。文献[4]中的融合方法是镶嵌结构，该方法首先运用粗糙集理论进行规则获取，然后根据这些规则进行网络设计，最后用遗传算法对神经网络参数进行优化。与一般神经网络相比，基于该方法的诊断方法具有训练时间短、诊断准确率高特点。文献[5]中利用模糊逻辑和神经网络并联融合结构将各种模式的检索线索进行连接来实现新闻条目的分割，具有广泛的适应性和鲁棒性。在实际应用中，针对具体问题，有的软计算融合技术结构比较复杂，同时具有多种结构的特点。如文献[6]中，第一阶段用自组织神经网络快速学习和检测已知攻击，第二阶段用人工免疫系统找到“异己”空间对自组织神经网络的判定结果进行二次过滤，增强新攻击的检测率。而在第二阶段中，用模糊关联规则挖掘产生“非我”的初始抗体，然后再用遗传算法进化“非我”抗体。该方法利用了人工免疫方法对新攻击较强的检测能力，克服了训练时间长的不足，融合技术同时具有串联结构和镶嵌结构。

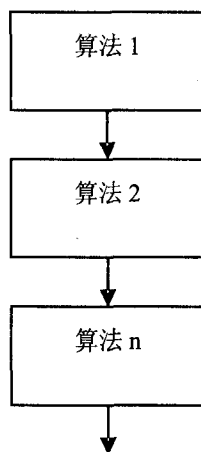


图 1 串联结构

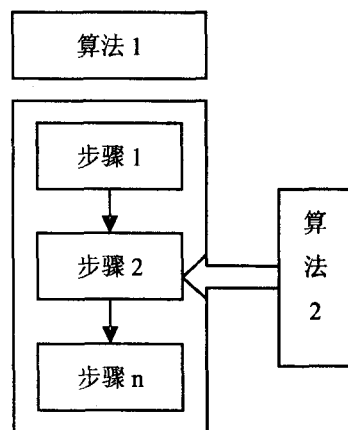


图 2 镶嵌结构

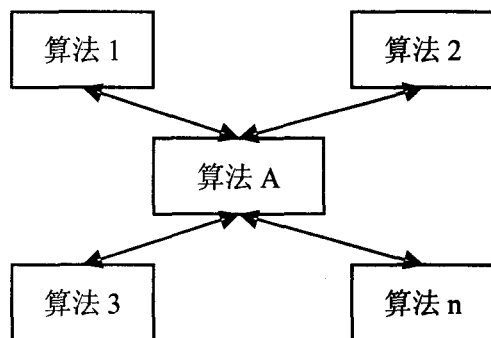


图 3 并联结构

1.2.2 按融合内容分类

软计算融合技术按照内容可分为:组合融合、容错融合、分层融合。

组合融合,是最常见的融合方式,该方法将不同的软计算方法有效地结合起来,发挥各自的特点,优势互补,弥补不足,用来解决实际应用中的问题。这种融合的优点是操作简单、效率高。如文献[7]中使用的模糊神经网络,该方法充分利用了模糊逻辑在处理病态数据方面的特殊能力,以及神经网络并行运算和适应外部环境变化能力。如文献[8]将粗糙集与遗传算法相结合,利用粗糙集中属性的重要度和核的思想得到属性的约简,然后借助遗传算法求得最优解,最终获得一种从大型数据表中获取决策规则的有效方法。该方法分别运用了粗糙集无需任何先验知识可以从大量的数据中获取隐含知识能力和遗传算法能够对结构复杂问题进行全局寻优的能力。

容错融合,是为了克服单个软计算方法精度不高、可靠性低,以及对问题模拟的片面性等缺点,将不同的软计算方法对同一问题的处理结果进行融合的技术。从而某一个软计算方法的不足不会影响整体结果,因此提高了可靠性。由于运用多个软计算方法进行计算,并对其结果进行汇总分析,从而提高了系统的鲁棒性和可信性。例如,粗糙集方法是模拟人类的抽象思维,神经网络方法、遗传算法是模拟形象思维,分别采用粗糙集、模糊逻辑、遗传算法进行故障诊断,最后对三者的结果进行加权融合。这种方法利用了抽象和形象交叉的常规思维,增强了故障诊断的可靠性,缺点是多种方法融合增加了系统开销。

分层融合是对每个子问题运用一个或一组软计算方法独立完成,各个子问题之间形成递阶结构。如文献[9]中,利用遗传算法对摩托车的结构进行优化,运用神经网络对发动机性能进行预测,从而实现对摩托车的智能化设计。这种融合模式的特点是可靠性、实时性较好,便于并行执行。缺点是结构复杂,占用大量资源。

在实际应用中,各种融合方式间没有明显的界限,通常会同时具有多种融合方式,称之为综合融合方式,该方法的信息处理能力更强大,但实现过程更复杂。

1.2.3 按融合成员性质分类

软计算融合技术,按照成员性质可分为:软计算之间融合、软计算与硬计算之间融合。

软计算方法之间的融合,是指利用不同软计算方法的优点,克服各自的缺点,共同解决某一问题的方法。例如文献[5]中,融合模糊逻辑和神经网络,提出的模糊神经网络图像分割算法,文献[10]中,融合遗传算法和神经网络,利用遗传算法全局搜索能力强和

神经网络算法局部搜索速度快的特点,提出基于遗传算法优化神经网络的多用户检测。

软计算与硬计算之间融合,是指将软计算的模糊计算和硬计算的精确计算按照不同的方式结合起来,充分发挥模糊计算和精确计算各自的特长,共同解决问题的方法。例如文献[11]中,运用硬计算中的龚珀资增长曲线法预测影响石油需求的指标及石油需求量。在这些数据的基础上再用软计算中的人工神经网络对石油的需求量进行预测。最后通过硬计算和软计算预测的石油需求量进行加权平均,得到了最终的预测结果。该方法综合运用了硬计算的精确思维和软计算的人脑思维,得到了符合现实状况的满意解。

2 软计算融合技术展望

软计算融合技术是目前比较活跃的研究领域,虽然已获得了长足的发展,但总体上仍处于起步阶段,有许多问题需要进一步研究。

以下几个方面值得重点关注^[12-19]:

1) 软计算方法之间的融合缺乏通用的理论基础和设计原则。目前,软计算方法融合技术没有统一的融合标准或模式。面向不同的领域,面向不同的应用,面向不同的数据库,融合的结构及方式不尽相同。往往都是采取试探性的融合方式,只对具体某一问题有效,当遇到其他问题时候,需要继续试探,从而增加了软计算方法使用的复杂性。构建软计算融合的统一设计标准,将为软计算方法更好地解决实际问题创造条件。

2) 针对动态、不完备数据的软计算融合机制值得关注。随着信息社会的发展,出现大量包含动态数据或不完备数据的复杂数据库,如何有效地将现有的知识更新、缺失值处理等相关处理技术集成到软计算融合系统中,对于软计算技术的发展及应用具有重要作用。

3) 缺乏对软计算融合技术性能的定量评价研究。当前的软计算融合技术通常以某个或某几个数据库为实验对象,其结果缺乏通用性。建立科学的评价指标体系、合理的评价模型,用来评估软计算融合技术的有效性和可行性,值得进一步研究。

4) 软计算方法融合缺乏智能软件工具。构建一个融合各种软计算方法的计算智能软件工具,它可以根据用户的实际需要以及特点构建不同类型的融合方式,并且能在分布式环境下工作,从而弥补传统融合技术不够灵活、适应性低的特点,促进软计算融合技术的发展和應用。

5) 软计算融合技术中应不断引入新型软计算方法和硬计算方法。随着应用领域的拓展,新型软计算

方法和硬计算方法的不断提出,以及现有软计算方法和硬计算方法的逐步改进,软计算融合技术的内容和范围应得到不断的扩充。例如引进变精度粗糙集、邻域粗糙集、细胞神经网络、混沌神经网络、量子遗传算法、人工鱼群算法、蚁群算法等方法将能够更进一步提高软计算方法解决实际问题的能力。

3 结束语

随着信息技术的发展,人们获得大量结构复杂、内容不确定的数据,如何快速有效地从这些数据中取出有用的知识成为一个重要问题。软计算方法是解决该问题的有效工具,然而每个软计算方法在理论上和应用上都存在一些不足,融合而不是互斥地使用各种方法将可以进一步提高软计算方法的发展水平,拓宽软计算方法的实际应用范围。目前,软计算融合技术已经成为计算机学、数学、管理学、工程学等学科的研究热点,如何更好地改进各种软计算方法,如何按照和而不同、有效为先的原则,促进融合技术的发展,使得软计算方法能够更好地解决生产实践中的实际问题,将值得深入研究。

参考文献:

- [1] Zadeh L A. Soft Computing and Fuzzy Logic[J]. IEEE Trans on Software, 1994, 11(6): 48-56.
- [2] 王攀. 科技创新中的方法集成及其范例-软计算方法集成[J]. 中国软科学, 2007(1): 139-143.
- [3] 陈双叶, 张微敬. 一种基于粗糙集的模糊信息融合方法及应用[J]. 中国工程科学, 2006, 8(12): 75-79.
- [4] 李如强, 陈进, 伍星, 等. 一种基于软计算的转子故障诊断方法[J]. 振动与冲击, 2005, 24(1): 77-80.
- [5] 韩冰. 基于智能软计算的视频镜头分割算法研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2006.
- [6] 马振婴. 混合软计算技术在入侵检测中的应用研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2011.
- [7] 杨杰. 基于模糊神经网络的机器人感知系统多源信息融合的研究[J]. 河北工业大学学报, 2009, 38(3): 41-43.
- [8] 胡或, 张亦军, 杨冬梅, 等. 粗糙集结合遗传算法在数据挖掘中的应用[J]. 计算机应用, 2006, 26(1): 98-99.
- [9] 代荣. 基于软计算的摩托车智能设计关键技术研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2009.
- [10] 王鸿斌. 基于遗传算法优化神经网络的多用户检测[J]. 计算机工程, 2011, 37(7): 41-45.
- [11] 郭海湘, 诸克军, 李玥, 等. 软计算与硬计算融合的中国石油需求预测[J]. 中国地质大学学报, 2007, 7(6): 24-28.
- [12] Bonissone P P, Chen Y T, Goebel K, et al. Hybrid Soft Computing Systems: Industrial and Commercial Applications[J]. Proc IEEE, 1999, 87(9): 1641-1667.
- [13] 朱帮助. 基于粗糙集和遗传神经网络的智能决策方法[J]. 大连海事大学学报, 2008, 34(4): 33-36.
- [14] 於世为. 储层预测信息管理中软计算集成理论与方法研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2008.
- [15] 远俊红, 柳青. 软计算研究综述[C]//2008年计算机应用技术交流会论文集. 出版地不详: 出版者不详, 2008.
- [16] 师丽. 基于软计算的故障诊断机理及其应用研究[D]. 上海: 上海大学, 2007.
- [17] 王凌. 智能优化算法及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [18] 冯珊. 软计算方法在若干决策与控制问题中的应用研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2003.
- [19] 何建南. 软计算方法和广义模糊哲学[J]. 五邑大学学报, 2007, 9(3): 1-4.
- [20] 术研究[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(10): 95-101.
- [3] 杨璞, 易法令, 刘王飞, 等. 基于 Dirichlet 自由变形算法实现三维人脸及其变形[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(11): 132-133.
- [4] Chang Y L, Chang J Y, Tsai Y M, et al. Priority Depth Fusion for the 2D-to-3D Conversion System[C]//SPIE 20th Annual Symp on Electronics Imaging. [s. l.]: [s. n.], 2008.
- [5] 易法令, 熊伟, 王胜. 人脸自适应三维建模的研究与实现[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(19): 201-203.
- [6] 张翔宇, 林志勇, 华蓓, 等. 从正面侧面照片合成三维人脸[J]. 计算机应用, 2000, 20(7): 42-45.
- [7] Ahlberg. CANDIDE-3-an updated parameterized face[R]. Sweden: Dept of Electrical Engineering, Linkoping University, 2001.
- [8] Sheng Y, Sadka A H, Kondoz A M. Automatic 3D face synthesis using single video frame[J]. IEEE Electronics Letters, 2004, 40(19): 1173-1175.
- [9] 王罡. 基于单张正面人脸照片的三维人脸自动建模方法研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2008.
- [10] 李梦东, 阮秋琦. 一种交互式脸部网格模型调整算法[J]. 北方交通大学学报, 2002(4): 97-100.
- [11] 腾越, 王志良. 基于 OpenGL 技术的人脸表情动画合成的研究[J]. 微计算机信息, 2004(5): 100-102.
- [12] 尹云霞. 3D 人脸线框模型的 NURBS 曲面拟合[J]. 数字技术与机械加工工艺, 2009(10): 15-17.

(上接第 96 页)