

推荐国家自然科学基金项目公示

项目名称	神经网络与复杂数据分类的理论与方法研究
推荐单位	教育部
推荐单位意见： <p>我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。</p> <p>该项目针对神经网络模型、算法以及复杂数据特征提取与分类等关键问题，从理论建模和算法设计两方面系统地研究了神经网络和复杂数据分类的理论和方法，取得了一系列创新性成果。具体为：1) 建立了径向基概率神经网络模型，并针对该模型设计了多种新颖的结构优化算法，解决了径向基函数网络和概率神经网络的计算复杂度高、推广能力差等问题；2) 揭示了前馈神经网络的映射机理，发展了新的前馈神经网络权值学习算法；3) 针对高维复杂数据，发展了有效的特征提取与分类方法，推动了非均匀、高维、异构等复杂数据机器学习理论的发展。8 篇代表性论文 SCI 他引 609 次，总他引 2578 次，其中 3 篇入选 ESI 高被引论文。该项目的部分成果已被成功应用于变压器齿轮故障诊等领域，并取得了良好的应用效果。本项目部分成果曾获 2016 年度教育部自然科学一等奖和 2010 年度安徽省自然科学一等奖。</p> <p>对照国家自然科学基金授奖条件，推荐该项目申报 2017 年度国家自然科学基金二等奖。</p>	

项目简介:

从包含大量冗余信息的高维复杂数据中提取出计算机可识别的特征并进行有效分类是数据挖掘与机器学习领域亟待解决的核心科学问题。神经网络以及复杂数据处理技术的发展,为该科学问题的解决提供了切实可行的途径。然而神经网络模型与结构优化、前馈神经网络映射机理与学习算法、复杂数据特征提取与识别等问题长期以来未能有效解决。本项目在国家自然科学基金、973 计划、863 计划课题支持下,在神经网络以及复杂数据分类理论与方法等方面取得了实质性的突破。主要科学发现点为:

(1) 径向基概率神经网络模型与结构优化。建立了一种全新的径向基概率神经网络模型,并设计了其结构优化、隐层结点裁剪的学习算法。该模型统一了径向基函数神经网络模型和概率神经网络模型,而且新模型可扩展性和灵活性更高,具有较低的计算复杂度和更好的泛化能力。该模型由于存在两个隐层的深度结构,已经初步具备深度神经网络的雏形,并被广泛用来解决各种实际的复杂分类识别问题,如变压器齿轮故障诊断、植物物种识别等。

(2) 前馈神经网络映射机理与学习算法。数学上严格证明了任何隐传输函数满足连续可微的前馈神经网络,其对应的隐层输出将是严格互相独立的,该发现可以为前馈神经网络隐节点数的选择提供重要指导;首次发现并严格证明了径向基函数网络收敛到后验样本概率估计的充分必要条件是隐传输函数必须是 Parzen 核函数,该发现为隐层传输函数的选择提供了理论依据。发展了新的基于粒子群优化的群智能优化算法用于训练前馈神经网络权值,该工作已成为前馈神经网络训练算法方面种子性的工作。

(3) 复杂数据特征提取与识别。创造性地构建出一种局部 Chan-Vese 图像分割模型(LCV 模型),解决了不均匀强度图像不能有效分割的难题;揭示了高维复杂数据中高阶统计特征的分布规律,提出了基于独立分量分析的高维数据降维方法;针对高维数据子空间映射的判别分析,提出一种判别性局部线性嵌入方法用于降维和识别;构建了基于复杂数据分块和多子空间融合的神经网络学习委员会模型,以用于解决复杂数据的分类问题。上述工作推动了复杂数据特征提取与分类方法的发展。

本项目发表 SCI 收录论文 135 篇,其中包括 ACM /IEEE Trans 论文 15 篇,封面文章 3 篇,出版专著 3 部。8 篇代表性论文 SCI 他引 653 次,总他引 2690 次。其中有 3 篇论文入选 ESI 高被引论文。上述工作得到了英国皇家工程院和爱尔兰皇家科学院院士 George W. Irwin 教授、加拿大皇家学会院士 Witold Pedrycz 教授等近 10 位院士,近 70 位 ACM /IEEE/IAPR Fellow 等国际同行的高度认可。第一完成人入选 2014、2015 年度 Elsevier Scopus 数据库中国高被引学者榜单(计算机科学卷),2014 年入选 IAPR Fellow,担任 2015 年度国际神经网络联合会议(IJCNN)大会主席,应邀做国际学术会议大会特邀报告 12 次,培养长江学者、国家杰青 1 名、香江学者 3 名。本项目部分成果获 2016 年度教育部自然科学一等奖和 2010 年安徽省自然科学一等奖。

客观评价:

该项目在机器学习与数据挖掘领域进行了一系列卓有成效的创新性研究, 8 篇代表性论文 SCI 他引 653 次, 总他引 2690 次, 其中代表性论文 4、5、6 入选 ESI 高被引论文。研究成果得到了英国皇家工程院和爱尔兰皇家科学院院士 George W. Irwin 教授、加拿大皇家学会院士 Witold Pedrycz 教授等近 10 位院士, 以及近 70 位 ACM /IEEE/IAPR Fellow 等专家学者的认可和积极评价。具体评价如下:

1. 对重要科学发现点 1 的评价:

- 印度鲁尔基理工大学前校长、印度工程院院士和国际自动化学会 Fellow, Harsh K. Verma 教授在其论文【IET Generation, Transmission & Distribution, 2008, 2(1): 43-52】中使用代表性论文 2 提出的模型成功地应用于变压器齿轮故障诊断, 基于真实数据的实验结果表明基于该模型的变压器内部故障检测准确率达到 100%, 并在论文中向本项目第一完成人致谢该研究工作和建议对他们研究的帮助。

- 美国纽约州立大学 Chih-Yang Tsai 教授在其论文【Information Sciences, 2006, 176(7): 772-798】中评价认为, 代表性论文 2 提出了一种将概率神经网络 (PNN) 与径向基函数神经网络 (RBFN) 结合的新模型, 该模型的目的是保持原来两个模型的优点并避免了它们的缺点。这种变种的模型在所采用的测试例子上产生了更好的分类结果。

- 英国皇家工程院和爱尔兰皇家科学院院士、IEEE Fellow、英国贝尔法斯特女王大学 George W. Irwin 教授和 IEEE Fellow、美国爱荷华大学 Er-Wei Bai 教授联合在信息领域顶级杂志之一 IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems 发表学术论文【IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2015, 26(8): 1608-1621】, 对代表性论文 2, 3 的工作都给予了充分肯定。

- 同时, 英国皇家工程院和爱尔兰皇家科学院院士、IEEE Fellow、英国贝尔法斯特女王大学 George W. Irwin 教授还发表多篇论文讨论如何使用代表性论文 2 和 3 所提出的方法来进行快速非线性模型的建立【IEEE Transactions on Automatic Control, 2005, 50(8): 1211-1216】和构建一种新颖的神经网络训练模式【Neurocomputing, 2007, 70(4): 819-827】。

2. 对重要科学发现点 2 的评价:

- 英国皇家工程院院士、IEEE Fellow、英国南安普顿大学 Sheng Chen 教授 (在世界最高引用的研究者数据库中, 被列为工程领域最高引用的研究者) 在 IEEE Trans. on Evolutionary Computation 上发表的论文【IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2010, 14(4): 477-499】引用了代表性论文 4, 并评价认为我们的方法性能更好, 指出 PSO 方法由于其简单和容易实现, 以及快速收敛能力, 可广泛应用于各种优化问题。

- 美国医学信息学会教育委员会主席、全球卫生信息学合作委员会主席、宾西法尼亚大学教授 John H. Holmes 在 Journal of Biomedical Informatics 发表特约文章【Journal of biomedical informatics, 2014, 49(C): 11-15.】引用代表性论文 4, 称 PSO 算法和 BP 算法经过混合用于训练神经网络, 提高了识别性能。

- IEEE Fellow、IEEE Electromagnetic Compatibility Society Technical Achievement Award 获得者、加拿大滑铁卢大学 Omar Ramahi 教授也引用代表性论文 4, 指出结合

PSO 和 BP 算法训练神经网络是一种综合考虑全局和局部寻优的方法，并在金属表面裂缝检测中使用了神经网络方法【Sensors, 2015, 15(5): 11402-11416】。

- 欧洲计算固体和结构力学委员会主席、国际计算力学委员会委员（International Association for Computational Mechanics, IACM Fellow）、希腊计算力学委员会会长、希腊雅典理工大学 Manolis Papadrakakis 教授在 Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering（影响因子为 4.46）【Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2011, 26(1):48-68】上发表论文引用代表性论文 4，并指出 PSO 在多种方式上组合数学方法，混合 PSO 和 BP 算法训练神经网络也是其中一种，基于这些方法的改进将能有效地改进全局结构优化问题。

3. 对重要科学发现点 3 的评价：

- IEEE Fellow、纽约州立大学石溪分校 Allen Tannenbaum 教授在 IEEE Transactions on Image Processing 发表的论文【IEEE Transactions on Image Processing, 2014, 23(3):1340-1351】里指出，我们的代表性论文 5 在构建轮廓模型时，由于在能量函数中引入了局部信息特征，因而是一种重要的方法，并评价认为我们的方法可广泛地应用到医学图像分割等领域。

- IEEE /IAPR Fellow、中国科学院西安光学精密机械研究所李学龙研究员在其论文【IEEE Access, 2016, 4: 4777 - 4788】里指出，我们的代表性论文 5 在构建 EST 模型时，由于在经典的结构张量中引入密度信息，因而是一种重要的方法。

- 澳大利亚研究理事会会士、墨尔本大学教授 Aurore Delaigle 在统计学领域四大顶级期刊之一的 Journal of Royal Statistical Society 发表论文【Journal of Royal Statistical Society, 2012,74(2):267-286】，并将我们的方法（代表性论文 6）作为功能数据分类的代表性方法之一。

- ACM/IEEE Fellow、ACM 杰出科学家、美国伊利诺伊大学香槟分校 Jiawei Han 教授课题组在其综述论文【Knowledge and Information Systems, 2011, 26(1):1-30】中认为我们动态更新环境下的高维数据子空间轮廓特征挖掘方法是基于实际应用的需要而提出的，也肯定了我们工作的价值（代表性论文 7）。

- IEEE/ IAPR Fellow 香港理工大学的 David Zhang 教授（生物特征识别研究领域的国际权威）在其论文【Applied Mathematics and Computation, 2008, 15;205(2):726-34】中正面引用我们提出的基于分块多子空间神经网络学习委员会机的人脸识别技术（代表性论文 8），并对 interest operator 特征抽取算法给予充分的肯定。

- 加拿大皇家学会院士、IEEE Fellow、加拿大艾尔伯特大学的 Witold Pedrycz 教授认为我们提出的神经网络学习委员会机方法（代表性论文 8）是人脸识别方法的重要工作之一【International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Vancouver, BC, 2016: 5135-5140】。

代表性论文专著目录:

序号	论文专著 名称/刊名 /作者	影响 因子	年卷页码 (xx年xx 卷 xx页)	发表 时间 年月 日	通 讯 作 者	第 一 作 者	国 内 作 者	SCI 他 引 次 数	他 引 总 次 数	知 识 产 权 是 否 归 国 内 所 有
1	《神经网络模式识别系统理论》/黄德双			1996 年5 月1 日		黄 德 双	黄 德 双	61	1265	是
2	Radial basis probabilistic neural networks: Model and application/ International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence/D.S.Huang	0.915	1999年7 卷 1083-1101 页	1999 年11 月1 日	黄 德 双	黄 德 双	黄 德 双	118	222	是
3	A constructive hybrid structure optimization methodology for radial basis probabilistic neural networks/ IEEE Transactions on Neural Networks/ D.S.Huang, J.X.Du	4.854	2008年19 卷 2099-2115 页	2008 年11 月17 日	黄 德 双	黄 德 双	黄 德 双, 杜吉 祥	62	122	是
4	A hybrid particle swarm optimization-back-propagation algorithm for feedforward neural network training/Applied Mathematics and Computation /J.R. Zhang, J.Zhang, T.M. Lok, M. R. Lyu	1.345	2007年185 卷 1026-1037 页	2007 年2 月15 日	章 军	张 静 茹	张 静 茹, 章 军, 骆达 明, 吕荣 聪	108	313	是

5	An efficient local Chan-Vese model for image segmentation/Pattern Recognition/X.F.Wang, D.S.Huang, H. Xu,	3.399	2010年 43卷 603-618页	2010年 3月 10日	黄德双	王晓峰	王晓峰, 黄德双, 徐欢	114	317	是
6	Independent component analysis based penalized discriminant method for tumor classification using gene expression data/Bioinformatics/ D.S.Huang, C.H. Zheng	5.766	2006年 22卷 1855-1862页	2006年 5月 18日	黄德双	黄德双	黄德双, 郑春厚	83	184	是
7	Locally linear discriminant embedding: An efficient method for face recognition / Pattern Recognition / Bo Li, Chun-Hou Zheng, De-Shuang Huang	3.399	2008年 41卷 3813-3821页	2008年 12月 1日	黄德双	李波	李波, 郑春厚, 黄德双	56	140	是
8	Human face recognition based on multiple features using neural networks committee/Pattern Recognition Letters/ Z.Q. Zhao, D.S.Huang, B.Y. Sun	1.586	2004年 25卷 1351-1358页	2004年 6月 7日	赵仲秋	赵仲秋	赵仲秋, 黄德双, 孙丙宇	51	127	是
合 计								653	2690	

主要完成人情况:

姓名: **黄德双**

排名: 1

行政职务: 无

技术职称: 教授

工作单位: 同济大学

完成项目时所在单位: 中国科学院合肥物质科学研究院

对本项目主要学术贡献: 是该项目主要负责人, 对发现点 1、2、3 均有重要贡献, 建立了径向基概率神经网络模型, 并针对该模型设计了多种新颖的结构优化算法, 解决了径向基函数网络和概率神经网络的计算复杂度高、推广能力差等问题; 揭示了前馈神经网络的映射机理, 针对高维复杂数据, 发展了有效的特征抽取以及分类方法。是代表性论著 1、2、3、5、6、8 的主要学术思想提出者。在该项目中投入的工作量达 90%。

曾获国家科技奖励情况: 无

姓名: **郑春厚**

排名: 2

行政职务: 无

技术职称: 教授

工作单位: 安徽大学

完成项目时所在单位: 中国科学院合肥物质科学研究院

对本项目主要学术贡献: 对发现点 3 有重要贡献。提出使用独立分量分析来构建基因表达谱模型, 并挖掘其中的高阶统计信息, 利用独立分量设计了惩罚性分类算法, 成功实现高维小样本数据的分类。是代表性论著 6 的主要学术思想提出者, 在该项目中投入的工作量达 70%。

曾获国家科技奖励情况: 无

姓名: **王晓峰**

排名: 3

行政职务: 无

技术职称: 教授

工作单位: 合肥学院

完成项目时所在单位: 中国科学院合肥物质科学研究院

对本项目主要学术贡献: 对发现点 3 有重要贡献。针对复杂图像数据, 提出一种局部 Chan-Vese 图像分割模型, 将局部图像信息集成到该模型中, 通过在能量函数中引入新的惩罚项, 从而有效解决了强度不均匀图像难以有效分割的问题。是代表性论著 5 的第一作者, 在该项目中投入的工作量达 80%。

曾获国家科技奖励情况: 无

姓名：章军

排名：4

行政职务：无

技术职称：副教授

工作单位：安徽大学

完成项目时所在单位：中国科学院合肥物质科学研究院

对本项目主要学术贡献：对发现点 2 有重要贡献。针对前馈网络权值学习容易陷入局部极小问题，提出了一种结合粒子群优化和反向传播的混合学习算法。该算法兼具全局和局部搜索能力，其被用于训练神经网络权值，不仅收敛速度快并且能获得最优解。是代表性论著 4 的主要学术思想提出者，在该项目中投入的工作量达 70%。

曾获国家科技奖励情况：无

姓名：赵仲秋

排名：5

行政职务：无

技术职称：研究员

工作单位：合肥工业大学

完成项目时所在单位：中国科学院合肥物质科学研究院

对本项目主要学术贡献：对发现点 3 有重要贡献。提出了一种基于图像分块和多子空间融合的神经网络学习委员会机器学习算法，解决了大样本高维数据的有效分类与识别问题。是代表性论著 8 的第一作者，在该项目中投入的工作量达 70%。

曾获国家科技奖励情况：无

完成人合作关系说明：

本项目第一完成人黄德双在同济大学工作，第二完成人郑春厚、第四完成人章军在安徽大学工作，第三完成人王晓峰在合肥学院工作，第五完成人赵仲秋在合肥工业大学工作。科研方向密切相关，合作紧密。

郑春厚、王晓峰、章军、赵仲秋在中国科学院合肥物质科学研究院攻读博士学位期间参与本项目，黄德双是他们的博士生导师。

郑春厚和章军同在安徽大学智能信息处理研究所工作，属同一课题组，共同发表多篇论文。

代表作 5 是黄德双教授指导王晓峰在攻读博士学位期间发表的论文，代表作 6 是黄德双教授指导郑春厚在攻读博士学位期间发表的论文，代表作 8 是黄德双教授指导赵仲秋在攻读博士学位期间发表的论文。

本项目完成人还联合申报课题、共同举办国际国内学术会议等，在相关学术领域产生了广泛的影响。

以上合作关系真实可靠，特此说明。

知情同意证明：

第一部分 知情部分

项目名称：神经网络与复杂数据分类的理论与方法研究，下称本项目。

项目内容：该项目针对神经网络模型、算法以及复杂数据分类等关键问题，从理论建模和算法设计两方面系统地研究了神经网络和复杂数据分类的理论和方法，取得了一系列创新性成果。具体为：1) 建立了径向基概率神经网络模型，并针对该模型设计了多种新颖的结构优化算法，解决了径向基函数网络和概率神经网络的计算复杂度高、推广能力差等问题；2) 揭示了前馈神经网络的映射机理，发展了新的前馈神经网络权值学习算法；3) 针对高维复杂数据，发展了有效的特征抽取以及分类方法，推动了非均匀、高维、异构等复杂数据机器学习理论的发展。

目前该项目由教育部推荐申报 2017 年度国家自然科学基金二等奖。

本项目使用了你作为第一作者，章军为第二作者，于 2007 年在中科院智能机械研究所该研期间的研究工作《A hybrid particle swarm optimization-back-propagation algorithm for feedforward neural network training》，并发表于国际杂志 Applied Mathematics and Computation。

第二部分 同意部分

我已认真阅读该知情同意书，当年的研究工作主要是在黄德双研究员的指导下做出的（本人当时是他的硕士研究生），我已充分知晓以上内容，同意该研究工作以师兄章军的名义参与本项目报奖。

知情者签字：张静茹

日期：2016.12.27.