

## 一、候选人基本情况：

1. 项目名称：基于动量方法的网络加速的深度学习算法及其应用研究
2. 提名者：沈卉卉
3. 学位：工学博士
4. 联系电话：13429885856
5. 受教育情况：
  - (1) 1999.9—2003.7 三峡大学，数学与应用数学，理学学士；
  - (2) 2003.9—2006.6 华中科技大学，概率论与数理统计，理学硕士；
  - (3) 2015.9—2020.6 中国地质大学（武汉），工学博士。

## 二、提名单位、奖项种类

提名单位：湖北省教育厅

奖项种类：青年科技创新奖

## 三、工作简历：

1. 2006.6—2007.1 中南民族大学任教；
2. 2007.2—2007.5 中国人民银行武汉分行 统计部；
3. 2007.7—至今 湖北经济学院任教；
4. 2019.7—2019.10 香港理工大学，电子计算学系，访问学者。

## 四、候选人科技成就和贡献简介：

沈卉卉，湖北黄冈人，1980年2月生，博士，教授，湖北省工业与应用数学学会会员，中国计算机学会 CCF 会员。先后主持国家统计局项目 1 项、教育部一般规划课题 1 项、湖北省教育厅科技处重点项目 1 项，湖北省教育厅科技处优秀中青年项目 1 项等科研项目。近年来，以第一作者身份在《电子学报》、《Neurocomputing》、《电子与信息学报》、《华中科技大学学报(自然科学版)》、《应用数学》、《统计与决策》等国际/国内重要学术期刊上发表论文 10 余篇。曾获得华中科技大学举办的“学术年会”论文一等奖；湖北省统计研究会论文三等奖；中国地质大学博士毕业论文答辩优秀；中国电子学会优秀论文奖；湖北经济学院

优秀论文三等奖；湖北省优秀教学成果奖三等奖 1 项；校级优秀教学成果二等奖 2 项；湖北经济学院优秀本科生导师；指导学生参加全国大学生数学建模竞赛或美国数学建模竞赛获国际级、国家级各 2 项；全国大学生数学建模竞赛优秀指导教师；指导学生参加全国大学生数学竞赛获国家级各等奖、省级各等奖多项。

基于动量方法的受限玻尔兹曼机的深度学习算法研究，以及在图像识别与图像数据和地震数据去噪方面的实际应用效果也很好，且其算法用于图像去噪是国际国内的首次应用。该深度学习算法的创新性与有效性不仅对 RBM 的应用领域扩展具有十分积极的实际意义，且为深度学习的应用方法及应用领域提供了一种新的研究思路和借鉴。

## 五、候选人主要科学技术成就和贡献：

### 1. 项目内容简介

本项目对深度学习的受限玻尔兹曼机(Restricted Boltzmann Machine, RBM)网络加速问题，在动量算法和梯度近似算法两方面进行研究，分别在专家系统、动量算法改进、动量加速受限以及梯度近似算法上进行改进，提出了新的有效算法，每种算法都在 3 种公共数据集上做了图像识别及图像去噪的应用，都取得了较好的识别效果和去噪效果。从而，可将 RBM 模型算法技术应用于社会交通各大安检系统或智慧校园管理中，如识别安检系统，支付系统，管理系统等，具有重要的实际应用意义。

其主要观点如下：

(1) 提出了一种新的RBM动量算法，在RBM预训练阶段和微调阶段，分别采用不同形式不同效用的动量方法。在RBM梯度上升算法和梯度下降算法中采用两种不同形式动量方法分别与梯度上升算法和梯度下降算法相结合共同作用，加速整个网络快速收敛和提高图像分类效果。技术路线如下图1所示：

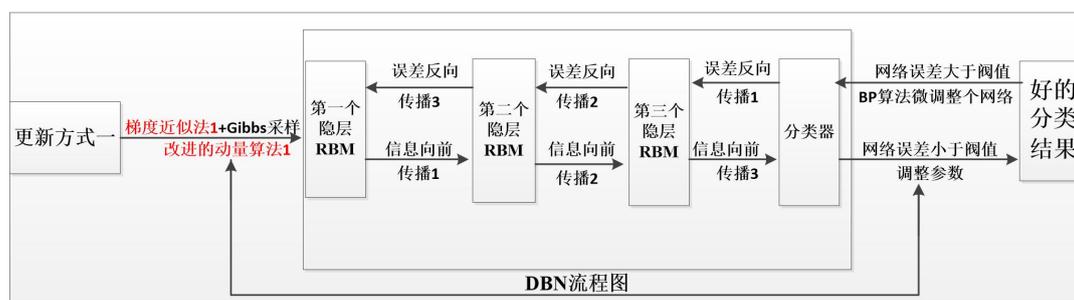


图 1 基于动量方法的受限玻尔兹曼机的一种有效算法

(2) 针对 RBM 梯度近似的一种计算方法对动量加速不敏感，无法起到加速作用，提出了一种基于修正动量的 RBM 高效算法。该算法是上一算法的延伸性研究，在上一研究基础上结合 RBM 梯度近似算法，通过修改隐单元偏置参数的更新方式，以避免 RBM 模型中隐单元取值采用概率值时导致模型识别效果不理想、动量加速有限等问题，并提高识别效果。技术路线如下图 2 所示：



图 2 基于修正动量的 RBM 算法

(3) 提出了一种新的 RBM 梯度近似算法，采用 RBM 网络中 Gibbs 采样得到的多个样本的平均来近似 RBM 似然函数梯度，在之前研究工作基础上，进一步做延伸性研究，结合修正动量算法和权衰减因子一起来提高 RBM 网络表示能力，更好的近似其梯度，提高了 RBM 算法性能。技术路线如下图 3 所示：

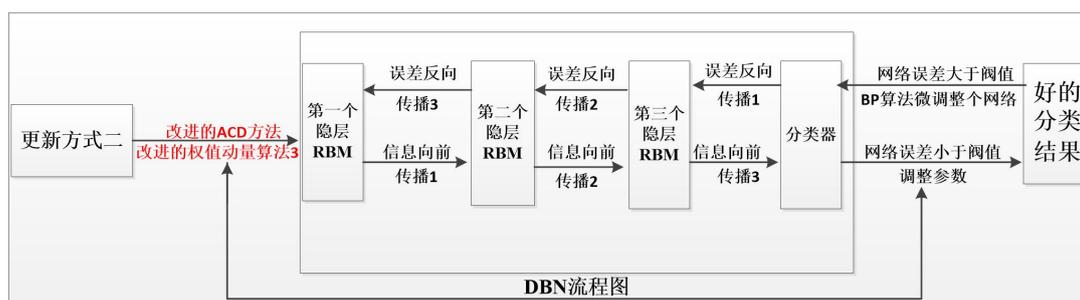


图 3 基于权值动量的一种 RBM 梯度近似算法

(4) 提出了一种基于受限 Boltzmann 机的专家乘积系统的改进方法。该算法是拓展性研究，它将神经网络与专家乘积系统相结合，使它们优势互补，RBM 专家系统的知识表示和知识处理与传统的专家系统不同，它是通过 RBM 网络自动学习得到，非人工给定，更科学。再结合提出的创新动量算法，来提高 RBM 专家乘积系统的准确率和效率，从而使 RBM 专家乘积系统具有更高的智能水平。技术路线如下图 4 所示：

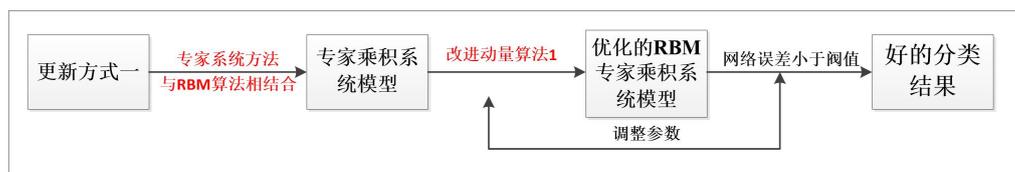


图 4 基于受限玻尔兹曼机的专家乘积系统的一种改进算法

本项目相关的 4 种算法都分别在 MNIST 手写数字体, Extended Yale B 和 CMU-PIE 人脸数据库 3 个数据集上的**图像识别以及图像去噪的应用**结果表明, 提出的算法能够有效地提高计算效率, 也能够有效地增强图像特征的表达能力, 并提高网络泛化能力, 均优于同类方法。

## 2. 创新点

RBM 是深度学习模型之一, 它对于大数据的复杂非线性问题研究具有独特优势。本项目针对 RBM 梯度近似算法、动量算法两个方面存在的问题展开研究并探讨其应用, 具有重要的理论意义和应用价值。其主要创新如下:

(1) 提出了一种新的 RBM 动量算法, 采用不同形式不同效用的动量方法, 在**RBM 动量算法改进研究视角有一定的创新**, 它巧妙的结合了 RBM 训练和微调时采用不同的随机梯度算法, 也相应用不同动量形式来**使动量加速性能最佳**, 从而提高了网络计算效率和识别效果。

(2) 针对 RBM 梯度近似的一种计算方法对动量加速不敏感, 无法起到加速作用, 提出了一种基于修正动量的 RBM 高效算法。**通过修改隐单元偏置参数的更新方式, 以避免 RBM 模型中隐单元取值采用概率值时导致模型识别效果不理想、陷入局部最优、动量加速有限**等问题, 网络表现出较强的泛化性和鲁棒性, 从而加速整个网络快速收敛。

(3) 提出了一种新的 RBM 梯度近似算法, 采用 RBM 网络中 Gibbs 采样得到的多个样本的平均来近似 RBM 似然函数梯度, **在提高 RBM 网络表示能力的研究方法上有一定的创新**, 从而提高了 RBM 算法性能。

(4) 提出了一种基于受限 Boltzmann 机的专家乘积系统的改进方法, 将专家乘积系统原理与受限 Boltzmann 机算法相结合, **给专家乘积系统的计算效率带来了一种新的思维角度创新**, 同时提高了计算效率。

本项目采取理论分析和数值实验并重, 层次分明, 结构完整, 逻辑性强, 具有重要的深度学习理论价值和应用价值。

## 3. 社会影响或社会效益

(1) 基于动量方法的受限玻尔兹曼机的一种有效算法, 2019 年 1 月发表于国内权威一类期刊《电子学报》, **被 EI 检索**, 此论文是 2019-2020 年发表在《电子学报》700 多篇学术论文里遴选出的 10 篇优秀论文中的一篇, 即获得 2022 年中国电子学会优秀论文奖。另外, 此论文被他引 14 次, 其中被中国电子与信息

科学领域最具权威的期刊《电子学报》引用 2 次，被 SCI 二区 Top 期刊《Neurocomputing》引用 1 次。以下 3 篇论文都是本论文的延伸性研究，都是在本论文提出的动量方法基础上进行的改进和拓展，其引用情况如下：

(2) 一种基于修正动量的 RBM 算法，2019 年 9 月发表于国内权威一类期刊《电子学报》，论文被 EI 检索，被他引 10 次；

(3) A Gradient Approximation Algorithm Based Weight Momentum for Restricted Boltzmann Machine, 2019 年 7 月发表于 SCI 二区 Top 期刊《Neurocomputing》，影响因子 5.779, JCR 一区，论文被 SCI 检索，被他引 9 次；

(4) 基于受限玻尔兹曼机的专家乘积系统的一种改进算法，《电子与信息学报》，2018, 9, 论文被 EI 检索，被他引 5 次；

(5) 基于 RBM 无监督学习模型的图像数据去噪，《计算机辅助设计与图形学学报》，已录用，EI 检索。

以上 4 种基于动量方法的受限玻尔兹曼机算法研究，以及在图像数据和地震数据去噪方面的实际应用效果也很好，且其算法用于图像去噪是国际国内的首次应用。此外，此 4 篇论文为主体内容的博士毕业论文取得了 2020 年 6 月博士毕业论文答辩优秀的成绩。且以这 4 篇研究论文为基础分别拿到了以下 3 个项目：

(1) 基于多学科交叉融合的统计机器学习的贝叶斯方法的应用研究，国家统计局项目，项目编号：2023LY52，主持，在研；

(2) 基于深度学习的安检系统识别模型及应用研究，教育部人文社会科学研究规划基金一般项目，20YJAZH086，主持，主体已完成，10 万；

(3) 基于动量方法的深层网络的人脸识别算法研究，湖北省教育厅科学技术研究计划重点项目，D20182203，主持，2020 年结题，4 万元。

由此带来的方法启示和相关延伸性研究，从而可将以上 RBM 模型的核心技术算法应用于安检识别系统、支付系统、监控系统等，可应用于社会交通、智慧校园管理中，为深度学习的无监督学习模型提供计算简便、稳定高效算法以及为其进一步在大数据技术领域的应用提供方法和技术支持。

#### 4. 近 5 年主要工作和贡献

近 5 年候选人主要致力于研究基于动量方法加速网络收敛的深度学习算法及应用研究，注重于机器学习算法的理论研究和综合的应用研究，其体现在已发表 5 篇 RBM 算法的高水平论文和立项 3 个有关项目上，分别研究了将 RBM

梯度的一种近似算法与不同的动量形式相结合，它巧妙的结合了 RBM 训练和微调时采用不同的随机梯度算法，也相应用不同动量形式来使动量加速性能最佳，获得了较好的分类效果；又针对 RBM 的一种梯度近似算法对动量加速不敏感，通过修正梯度使网络避开局部最优，表现出较强的泛化性和鲁棒性；接着提出一种新的 ACD 算法提高了 RBM 模型表示能力的高效的优化算法，在提高 RBM 网络表示能力的研究方法上有一定的创新；最后将专家乘积算法和 RBM 算法相结合，使 RBM 专家乘积系统具有更高的智能水平，此方法给专家乘积系统的计算效率带来了一种新的思维角度创新；并将这些 RBM 无监督的学习算法应用于图像数据和地震数据去噪，是国际国内首次应用，取得了快速有效较好的去噪效果。

国家统计局项目主要研究贝叶斯方法优化 RBM 模型应用于管理识别系统，其算法改进主要集中在后验正则化方法稀疏 RBM 模型提高网络稀疏化特征学习性能上；教育部课题“基于深度学习的安检系统识别模型及应用研究”主要研究 RBM 梯度近似算法的改进在安检系统识别模型和图像数据的随机噪声去除的应用，其算法改进主要集中在似然函数梯度算法和采样方法的改进来提高 RBM 算法性能和提高 RBM 模型表示能力上。教育厅重点课题“基于动量方法的深层网络的人脸识别算法研究”主要研究的是基于动量方法的 RBM 算法在人脸识别中的应用问题，其算法改进主要集中在动量加速网络收敛，提高计算效率上。这些为后续进一步研究 RBM 优化算法奠定了研究基础。

RBM 是一种比较有效的无监督学习模型，它无需大量标签，且对计算机硬件要求不是很高，能在较短时间内能达到较好的识别效果。因此，可以将其核心算法技术应用于各大安检系统，识别系统，考试监控系统，支付系统，管理系统等，助力社会智能快速发展、智慧城市、智慧校园管理系统中。

## 六、代表性论文专著目录：

1. 沈卉卉，李宏伟. 基于动量方法的受限玻尔兹曼机的一种有效算法，电子学报，2019,1. (国内权威一类期刊，EI 检索)
2. 沈卉卉，刘国武，付丽华，刘智慧，李宏伟. 一种基于修正动量的 RBM 算法，电子学报，2019.9.(国内权威一类期刊，EI 检索)
3. Huihui Shen, Hongwei Li. A Gradient Approximation Algorithm Based Weight Momentum for Restricted Boltzmann Machine, *Neurocomputing*, 361(10),

40-49, 2019. (中科院二区 SCI, 影响因子 5.779, JCR 一区)

4. 沈卉卉, 李宏伟. 基于 RBM 的专家乘积系统的一种改进算法, **电子与信息学报**, 2018,9.(国内权威二类期刊, EI 检索)

5. 沈卉卉. 受限 Boltzmann 机算法及其应用研究, 获得了中国地质大学博士学位**毕业论文答辩优秀**的成绩

6. 沈卉卉, 李宏伟, 钱坤. 基于 RBM 无监督学习模型的图像数据去噪, 《计算机辅助设计与图形学学报》, 已录用, **EI 检索**。

7. 基于多学科交叉融合的统计机器学习的贝叶斯方法的应用研究, **国家统计局项目**, 项目编号: 2023LY52, 主持, 在研.

8. 基于深度学习的安检系统识别模型及应用研究, **教育部人文社会科学研究规划基金项目**, 项目编号: 20YJAZH086, 主持, 在研(主体完成).

9. 基于动量方法的深层网络的人脸识别算法研究, **湖北省教育厅科学技术研究计划重点项目**, 主持, D20182203, 结题.

10. 转变点在经济领域中的数学建模与应用探讨, **湖北省教育厅科学技术研究计划优秀中青年人才项目**, 主持, Q20121902, 结题.

## 七、近五年主要科研获奖情况

1. 论文《基于动量方法的受限玻尔兹曼机的一种有效算法》获得中国电子学会 2022 年度《电子学报》优秀论文奖, 2022 年 3 月;

2. 论文《基于受限玻尔兹曼机的专家乘积系统的一种改进算法》获得湖北经济学院 2018 年度优秀论文三等奖, 2021 年 1 月。

3. 博士论文《受限 Boltzmann 机算法及其应用研究》获得了中国地质大学博士学位**毕业论文答辩优秀**的成绩, 2020 年 5 月。

## 八、候选人工作单位意见:

候选人在我单位的研究工作中认真踏实、团结协作, 并掌握了扎实的基础理论和专业知识、具备较强的独立从事科学研究工作的能力。已发表了 5 篇高水平论文和 3 个省部级以上的有关项目, 扎根于专业的研究方向积极努力工作, 潜心做研究, 工作上求真务实, 是一位认真做科研、积极努力、爱岗敬业的好同志。