**2019年度国家科学技术奖提名公示内容**

1. **项目名称**

基于仿真的随机优化理论与方法

1. **提名者**

中国科协

1. **提名意见**

随机优化是运筹学的一个重要分支，在工程、医药、交通、人工智能、经济管理等领域有着非常广泛的应用。随机优化又是运筹学中最难的分支之一，不仅需要优化理论，也需要概率论、数理统计以及大规模计算方面的知识，是多领域的融合。多年以来，随机优化一直是我国运筹学发展的一个弱项。洪流教授所完成的这个项目在很大程度上将我国的随机优化工作带到了世界前沿。

该项目主要集中在如何使用随机仿真方法（也称蒙特卡洛方法）解决随机优化问题，并将这些方法运用在工程、环境、金融等领域。该项目在随机优化的四个方向上——包括随机搜索算法、排序与择优问题、梯度估计、联合概率约束优化问题——做出了很多基础性和开拓性的研究工作，提出了多项深具影响力的理论，设计出多个非常有效的算法。该项目共发表学术论文20余篇，其中多篇发表在运筹学领域国际顶级学术期刊《Operations Research》和《Management Science》上。该项目还为我国培养了很多优秀的随机优化领域的青年学者，其中两位已经获得基金委优秀青年基金。

该项目的研究工作在国内外运筹学界产生了很大的影响，也为洪流教授带来了国内外多项学术荣誉。2014年，中国运筹学会经严格评审，授予洪流教授中国运筹学会科学技术奖——运筹研究奖，以表彰洪流教授在随机优化领域的杰出贡献。

提名该项目为国家自然科学奖二等奖。

1. **项目简介**

本项目主要集中在如何使用随机仿真方法（也称蒙特卡洛方法）解决黑箱或灰箱随机优化问题，并将这些方法运用在工程、环境、经济金融等领域。研究集中在紧密相关的四个重要问题上，它们是随机搜索算法设计、排序与择优(ranking and selection)、梯度估计和联合概率约束优化。

在随机搜索算法设计上，本项目最早提出了局部最优性算法，并设计出该领域中最具影响力的指南针(COMPASS)算法。之后又提出使用高斯过程平衡搜索的深度和广度，并设计出具有全局最优性的GPS算法。在排序与择优中，项目首先研究了在各系统样本数不同的情况下如何构建布朗运动，为优化样本分配提供了基础。之后，本项目又研究了如何利用并行计算环境，解决大规模问题，在理论和算法上都做出了重要贡献。在梯度估计中，项目给出了非连续随机函数期望梯度估计的一般形式，解决了分位数梯度估计和条件在险值梯度估计的难题。在联合概率约束优化中，项目首先证明联合概率函数是两个简单凸函数的差(DC函数)，然后提出了序列凸近似方法用以求解，不仅证明了此方法对联合概率约束优化问题的收敛性，还证明了它对一般性DC函数约束优化问题的收敛性，为解决此类问题提供了一条全新的思路。

本项目共发表学术论文20余篇，其中10篇发表在运筹学领域国际最顶级学术期刊《Operations Research》和《Management Science》上。文章获得了领域中国内外著名学者的广泛引用，多篇文章被评价为领域的“breakthrough”。本项目共培养博士4名，毕业后全部在高校任职，包括香港城市大学、上海交通大学、同济大学（2名）。其中两位获得了国家基金委优秀青年基金。

本项目的研究成果也为项目完成人洪流教授赢得了国际运筹学界的高度认可。他自2018年起担任《Operations Research》的领域主编和《Management Science》的副主编。洪教授2018年9月加入复旦大学，成为这两个期刊编委中唯一来自于中国内地的学者。他于2018年6月经会员投票当选INFORMS（国际最大的运筹学学会，有超过12500名会员）仿真分会的副主席／候任主席，将成为该分会历史上第一位来自亚洲的主席。该项目的研究成果获得了国内外多项奖项。包括首届中国运筹学会科学技术奖——运筹研究奖（2014年）、INFORMS仿真分会杰出仿真出版物奖（2012年）、工业工程师学会（IIE）运作类最佳论文奖（2009年）、INFORMS青年教师论文竞赛二等奖（2007年）等。

1. **客观评价**

本项目共发表学术论文20余篇，其中10篇发表在运筹学领域国际最顶级学术期刊《Operations Research》和《Management Science》上。此项目共培养博士4名，分别是刘光梧、孙丽华、胡照林和罗俊，他们毕业后全部在国内高校任职，包括香港城市大学（刘光梧）、上海交通大学（罗俊）、同济大学（孙丽华、胡照林）。其中两位（胡照林、罗俊）获得了国家基金委优秀青年基金。

本项目获得国内外多项奖项，包括中国运筹学会首届科学技术奖——运筹研究奖（2014年）、INFORMS（国际最大的运筹学会，有超过12500名会员）青年教师论文竞赛第二名（2007年）、INFORMS仿真分会Outstanding Simulation Publication Award（2012年）、工业工程师学会（Institute of Industrial Engineers） Operations Best Paper Award（2009年）等。

本项目的研究成果也为项目完成人洪流教授赢得了国际运筹学界的高度认可。他自2018年起担任《Operations Research》的领域主编和《Management Science》的副主编。洪教授2018年9月加入复旦大学，成为这两个期刊编委中唯一来自于中国内地的学者。他于2018年6月经会员投票当选INFORMS仿真分会的副主席／候任主席，将成为该分会历史上第一位来自亚洲的主席。

在随机搜索算法设计领域，指南针算法[1]被普林斯顿大学著名教授Warren Powell评价为“a powerful tool for practical simulation optimization”,被新加坡国立大学Loo Hay Lee教授评价为“one of the most popular and efficient stochastic search algorithms”,被普渡大学Bruce Schmeiser教授和弗吉尼亚理工大学Raghu Pasupathy教授称为他们自己算法的“primary competitor”。[1]还深度影响了之后很多文章。比如，新加坡国立大学团队提出“多目标指南针算法”，法国学者Xiaolan Xie等人发表在IEEE Transactions on Automatic Control上的论文在正文中引用[1]总共15次。

在排序与择优领域，本项目的研究成果也产生了很大的影响，[3]和[4]被很多著名学者多次引用，包括哥伦比亚大学的Assaf Zeevi和Mark Braodie、康奈尔大学的Peter Frazier和Shane Henderson、普林斯顿大学的Warren Powell、马里兰大学的Michael Fu和Ilya Ryzhov等。其中康奈尔大学Shane Henderson、普渡大学Susan Hunter和他们合作者2017年发表在《Operations Research》上的一篇文章引用该项目论文总计24次，其中[3]和[4]各9次。文中采用了[3]的方法构建布朗运动，指出他们的screening rule是[3]的“extension”，还提到[4]是“the best-known and most recent existing method for parallel ranking and selection”。

在梯度估计领域，荷兰学者Bernd Heidergott多次引用该项目研究成果，称[5]提出的方法是解决分位数估计的“preferred approach”,“computationally fast and relatively easy to implement”。在2016年发表在《Mathematics of Operations Research》的文章中，他引用该项目研究成果14次，指出[5]和[6]是该领域的“breakthrough papers”。美国马里兰大学Michael Fu教授是梯度估计领域的国际权威，他也曾多次引用该项目研究成果。他指出[5]是分位数估计的“the first work”。2015年，他和同济大学学者姜广鑫在《Operations Research》上发表了一篇technical note，专门讨论如何简化[5]中的证明过程。凭借在梯度估计领域的开创性工作，[5]获得了2007年INFORMS青年教师论文竞赛第二名，[5]和[6]同时获得了2012年INFORMS仿真分会Outstanding Simulation Publication Award。

在联合概率约束优化领域，[7]成为使用DC规划和蒙特卡洛方法解决概率约束优化问题的典范，被很多著名学者多次引用，包括加拿大工程院院士Biao Huang、麦克阿瑟奖获得者Claire Tomlin、兰卡斯特奖获得者Roger Wets、佐治亚理工Shabbir Ahmed、威斯康辛大学James Luedtke、新加坡国立大学Melvyn Sim和Jie Sun，以及南安普顿大学Huifu Xu等。[7]在工程领域也很有影响力。IEEE Communication Society主席、香港科技大学工学院前院长Khaled Letaief教授在一文中引用[7]总共19次，赞扬[7]“recently made a breakthrough on providing optimality of the highly intractable JCCP problems for the first time.”[8]不仅受到了随机优化领域学者的重视，也受到了环境政策领域学者的关注。包括剑桥大学Annela Anger-Kraavi在内的四位欧洲环境学者在文中指出[8]“employed a multivariate normal distribution-based stochastic optimisation model to produce robust policy strategies with the DICE model.”

**六、代表性论文专著目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著名称/刊名/作者 | 年卷页码（xx年xx卷xx页） | 发表时间（年月 日） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 国内作者 | SCI他引次数 | 他引总次数 | 论文署名单位是否包含国外单位 |
| 1 | Discrete optimization via simulation using COMPASS./ Operations Research/ L .Jeff Hong, Barry L. Nelson | 2006年54卷115-129页 | 2006年2月1日 | Nelson | 洪流 | 洪流 | 63 | 106 | 是 |
| 2 | Balancing exploitation and exploration in discrete optimization via simulation through a Gaussian process-based search./ Operations Research / Lihua Sun, Zhaolin Hu, L. Jeff Hong | 2014年62卷1416-1438 | 2014年12月1日 | 洪流 | 孙丽华 | 孙丽华、胡照林、洪流 | 5 | 10 | 否 |
| 3 | Fully sequential indifference-zone selection procedures with variance dependent sampling./ Naval Research Logistics/L. Jeff Hong | 2006年53卷464-476页 | 2006年4月5日 | 洪流 | 洪流 | 洪流 | 9 | 15 | 否 |
| 4 | Fully sequential procedures for large-scale ranking-and-selection problems in parallel computing environments./ Operations Research /Jun Luo, L. Jeff Hong, Barry Nelson、Yang Wu | 2015年63卷1177-1194页 | 2015年10月1日 | 洪流 | 罗俊 | 罗俊洪流吴阳 | 8 | 12 | 是 |
| 5 | Estimating quantile sensitivities./ Operations Research /L. Jeff Hong | 2009年57卷118-130页 | 2009年2月1日 | 洪流 | 洪流 | 洪流 | 21 | 30 | 否 |
| 6 | Simulating sensitivities of conditional value-at-risk./ Management Science /L. Jeff HongGuangwu Liu | 2009年55卷281-293页 | 2009年2月1日 | 洪流 | 洪流 | 洪流刘光梧 | 15 | 30 | 否 |
| 7 | Sequential convex approximations to joint chance constrained programs: A Monte Carlo approach./ Operations Research /L. Jeff Hong, Yi Yang, Liwei Zhang | 2011年59卷617-630页 | 2011年6月1日 | 洪流 | 洪流 | 洪流张立卫 | 41 | 43 | 是 |
| 8 | Robust simulation of global warming policies using the DICE model./ Management Science /Zhaolin Hu, Jing Cao, L. Jeff Hong | 2012年58卷2190-2206页 | 2012年12月1日 | 洪流 | 胡照林 | 胡照林曹静洪流 | 11 | 15 | 否 |
| 合 计 | 173 | 261 |  |

**七、 主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 职务/职称 | 工作单位/完成单位 | 对本项目技术创造性贡献 |
| 洪流 | 1 | 教授 | 复旦大学/香港科技大学 | 洪流是本项目的独立完成人。在8篇代表性论文专著中，洪流是[3,5,6,7]四篇文章的第一作者和通讯作者，是[2,4,8]三篇文章的通讯作者，是[1]的第一作者。[2,4,8]的第一作者分别是孙丽华、罗俊和胡照林，他们都是洪流的博士毕业生。[1]的通讯作者Barry Nelson是洪流的长期合作者，对文章中的部分证明和写作提出了很多宝贵的意见和建议。 |

**八、完成人合作关系说明**

唯一完成人