

项目编号: S2012010010613
资助类别: 自由申请
文件编号: 粤科基办字[2012]9号

自由申请
广东省自然科学基金重点项目
博士启动

合 同 书

课题名称: 求解双层次车辆路径问题的混合智能算法研究

下达单位(甲方): 广东省自然科学基金管理委员会

课题负责人: 黄翰 资助经费: 5 (万元)

通信地址: 广州大学城华南理工大学软件学院

邮政编码: 510006 联系电话: 13570967527

电子邮件: hhan@scut.edu.cn

依托单位(乙方): 华南理工大学

联系人: 胡燕娟 联系电话: 87110629-16

执行年限: 2012年10月至 2014年10月

填表日期: 2012年10月09日

广东省自然科学基金管理委员会

二〇一〇年 制

一、 合同条款

第一条 根据粤科基办字[2012]9号文，甲方委托乙方承担广东省自然科学基金项目求解双层次车辆路径问题的混合智能算法研究课题。

第二条 乙方同意接受该研究课题，并按本合同的研究内容和计划进度等。

第三条 自然科学基金项目与经费的管理按照《广东省自然科学基金项目管理办法》和《广东省自然科学基金项目资助经费管理办法》执行，乙方保证遵守上述《办法》的有关规定。

第四条 乙方负责对课题承担人员人数及实际参与工作的天数和工作量进行严格认真核实，根据核实情况和有关规定给课题承担者发给劳务酬金；不直接参与课题研究者不得领取劳务酬金。

第五条 为了使经费得到有效合理的使用，甲、乙双方，特别是乙方应加强对劳务酬金的发放情况进行检查；课题负责人应如实反映课题人员的情况，课题人员如有变动，要及时向甲、乙方报告，并及时调整相关经费的发放；如发现有发放不合理的现象要及时纠正，严重者将给予严肃处理，甚至停发课题组的科研经费。

第六条 乙方保证课题承担者在本单位原有的福利待遇不减少，并努力创造多种有利条件，对课题承担者的工作给予大力支持；当研究经费不足时，甲方不再追加经费，乙方愿意拿出资金给予配套支持，使该课题能按计划完成。

第七条 乙方承担的上述课题的研究成果若转让或技术转移而取得经济利益，甲方可从乙方取得的经济利益中提取10%作为省自然科学基金项目的发展基金。

第八条 本合同甲、乙方及课题负责人各执一份，三方签字、盖章后即生效。

二、 主要研究内容和要达到的目标*：

* 主要研究内容和要达到的目标应与申请书中所述一致。

2.1 研究目标

研究的双层次车辆路径问题是一个公开的NP-完全问题，从算法设计的角度出发，我们的预期研究目标是：

(1) 研究提出的Memetic 算法在最优目标值和计算时间的统计指标上超过现有的计算智能方法和启发式算法。

测试以VRP 公开问题库为基础，按照问题提出者Perboli 等提出的方法构造50 个代表性2E-VRP 测试问题，20

个小规模问题（100 个客户内，10 个中转站内），20 个大规模问题（100-500 个客户，10-50 个中转站）和10

个超大规模问题（500 个客户以上，50 个中转站以上）。

(2) 用研究提出的算法求解实际城市物流中的双层次车辆路径问题，达到与最优解误差不超过5%的优化效果，

例如广州城市规划中30-50 个物流中转站和数万终端客户的双层调度问题。

(3) 提出个体差异进化规划算法求解2E-VRP 第一层的多背包问题，并完成该算法实例的计算时间分析工作。

(4) 提出复合信息素矩阵并行蚁群优化算法求解第二层的VRP 问题，并完成该算法实例得计算时间分析工作。

2.2 研究内容

本课题的研究围绕着2E-VRP 问题数学模型、Memetic 算法框架、具体算法设计与算法性能分析等内容而开展。主要研究内容包括：

(1) 双层次车辆路径问题的等价分解

在双层次车辆路径问题中，中转站的选择是求解问题的关键，既决定了第一层发货点到中转站的配送方案，又决定第二层中转站到客户的配送方案。研究考虑将双层次车辆路径问题等价转换为一个多背包问题和多个单层次车辆路径问题的结合。

具体地说，第一层中转站的选择问题可以转换为一个多背包问题。每一个中转站视为一个背包，背包容量由这个发货点的大车运能和中转站出发的小车运能共同决定。背包问题的目标是在配送成本的约束下极大地满足中转站潜在客户的需求量。背包问题的解是中转站的选择方案和每个中转站的候选目标客户集。当中转站的选择方案确定后，第一层发货点到中转站的配送问题可以直接转化为1 个单层次车辆路径问题，而且第二层中转站到客户的配送问题可以直接转换为m 个单层次车辆路径问题，m 为中转站数目。

(2) 基于混合染色体的个体差异进化规划算法

虽然双层次车辆路径问题是一个离散优化问题；但是大车、小车的运能、供货量和需求量理论上都可以为连续数值；因此，研究可用连续型进化算子进行求解。申请人已经结题了国家自然科学基金项目“进化规划算法计算时间难题研究”（编号：61003066），在完成计算时间分析工作的同时，设计出了快速全局收敛的个体差异进化规划算法。我们可以将运用这一算法作为Memetic 算法的第一个全局优化子算法，用于求解中转站选择的多背包问题。

在Memetic 算法框架下，研究将用二进制和数字混合染色体作为多背包问题解的编码，这类编码信息较大，可以使进化算法获得较大的搜索空间。我们曾经提出类似的混合染色体策略高质量地求解了广义旅行商（GTSP）问题，这一成果吸引了多位学者累计10 余篇次的引用（见成果引用之3）。因此，研究将基于混合染色体设计个体差异进化规划算法来解决搜索效率问题。个体差异进化规划算法与其他进化算法最大的不同是允许个体有机会在某些维数保持原状，只是进行部分维数上的变异，使得优秀的个体片段可以保留。当然，个体差异进化规划的思想是算法设计研究的关键内容；基于这种思想，我们曾设计出榜样粒子群算法实现了快速高质量的求解。

(3) 基于1:m 式复合信息素矩阵的并行蚁群优化算法

当中转站方案通过进化规划算法确定后，2E-VRP 问题还需要进行第二层优化问题——m+1

个VRP问题的求解(m 为中转站数目)。虽然,VRP问题有很多现成的求解方法;但是,这 $m+1$ 个VRP问题并不是独立的,无法用现有的算法逐一去求解。因为第二层“中转站-客户”的 m 个VRP问题求解结果直接影响第一层“发货点-中转站”的VRP问题的求解;所以,这种1: m 的依赖关系直接增加了问题求解的难度。为了解决这一难题,研究将设计一种1: m 式复合信息素矩阵,以人工蚂蚁信息素积累的方式反馈1: m 的优化目标关系。基于复合信息素矩阵,我们还将设计并行蚁群优化算法,实现“1拖 m ”式并行求解。在算法迭代过程中,信息素同时在1+ m 个信息矩阵中并行积累,确保算法的全局优化性能。

研究团队在蚁群算法信息素理论与并行蚁群算法设计有较好的研究基础。2009年我们在IEEE TSMC-B期刊上发表的一篇长文(项目负责人成果[3])详细揭示了信息素变化与蚁群算法计算效率的关系,论文引起了包括Pedrycz Witold、Rostami Mohammad Javad和Watada Junzo等国际研究同行的关注。他们近期最新发表的研究成果也验证了我们的研究结论,这为我们设计1: m 复合信息素矩阵打下了坚实的基础。

(4) Memetic算法的新局部优化算子:阈值插入法与阈值交换法

虽然,我们重新设计了解决2E-VRP的计算智能方法,但是,研究局部优化算子仍是一个重要的内容。因为VRP问题与TSP问题一样存在着一些关键路径的特征,即局部路径的调整很可能影响整个求解的质量。从2006年开始,蚁群算法创始人M. Dorigo博士及其研究团队曾不止一次在IEEE TEC期刊和Ant会议上提出蚁群优化算法离不开局部搜索算子的辅助,甚至断言局部优化算子对大多数启发式算法求解路径优化问题都有显著的效果。无独有偶,我们2007年在《计算机学报》发表了“蚁群算法如果不用局部优化技术辅助就无法在多项式时间内求得TSP问题最优解”的理论分析结果。基于以上的前期研究,我们审慎地提出了局部优化算子辅助2E-VRP问题求解这一研究内容。

Memetic算法以协调全局优化与局部优化而著称,也就是因为局部优化算子不可或缺的辅助作用,研究提出了以Memetic算法框架对进化规划、蚁群算法和局部优化算子进行了整合,并借助阈值控制局部优化算子的计算量。Memetic算法一般采用多个局部搜索算子,研究将采用基于阈值插入法、基于阈值交换法和3-opt等,其中前两个算子是研究课题所提出的。

申请课题将研究一种基于阈值的局部优化算法,在蚁群算法求解后进一步优化2E-VRP问题的可行解,加速算法的全局收敛。这种算法包括插入法和交换法两种方式:1)基于阈值的插入法就是在中转站运输量允许的前提下,将客户从一个中转站中删除添加入另一个中转站;2)基于阈值的交换法就是在中转站运输量约束允许的前提下,将两个客户互换中转站。如果局部优化算法重新执行后解得到改进,则保存插入/交换的结果;否则,不保存局部优化结果。

(5) 基于计算时间分析的Memetic-2E-VRP算法提速

作为算法研究的完整性,我们还将分析Memetic算法求解2E-VRP问题的计算时间,主要研究两个核心全局优化子算法的计算时间复杂性。具体而言,分析个体差异进化规划算法求解多背包问题的计算时间复杂性,以及分析复合信息素矩阵的并行蚁群优化算法求解VRP问题的计算时间复杂性。注意到,这部分的计算时间分析旨在研究影响Memetic算法求解2E-VRP问题计算时间的因素,指导算法提速。

课题申请者在国家自然科学基金短期资助项目(编号:61003066)支持下完成了进化规划算法和蚁群优化算法的计算时间研究工作。本申请课题将用这些理论工作基础完成此项研究内容,以提高Memetic算法的计算时间研究工作。本申请课题将用这些理论工作基础完成此项研究内容,以提高Memetic算法的整体性能。

将提供的研究成果及形式:

① 国家统计源刊物以上刊物发表论文5篇,专著0册

② 发明专利1项

③ 其它:

无。

课题负责人(签章):

2012年10月9日

三 进度和阶段目标:							
2012年10月~2013年4月		(1) 进一步查阅国内外相关文献资料,把握2E-VRP 问题研究动态。此项工作在项目初期3 个月集中开展,并贯穿整个项目周期的始终。 (2) 赴香港城市大学管理科学系访学,在Andrew Lim 教授团队实验室系统学习2E-VRP 在管理科学上的细节问题;并邀请相关境外专家在国内做相关学术报告。工作为期大约5个月。 (3) 分析车辆路径问题,进行初步分解工作,并研究问题的可计算性。					
2013年5月~2013年12月		(1) 赴新加坡南洋理工大学访学,在Yew-Soon Ong 博士团队实验室学习Memetic 算法的最新研究进展,并邀请相关境外专家在国内做相关学术报告。工作为期大约5个月。 (2) 研究求解多背包问题的差异进化规划算法,约4个月。 (3) 研究进化规划算法求解多背包问题的计算时间。此项工作为期大约4个月。					
2014年1月~2014年6月		(1) 研究复合信息素矩阵并行蚁群优化算法求解多个车辆路径问题,及其计算时间复杂性。此项工作为期大约6个月。 (2) 研究基于阈值的局部优化算法,改进两个子问题的求解效果。此项工作为期大约3个月稿学术论文1 篇。 (3) 结合三种算法设计Memetic 算法,实现问题的整体求解。此项工作为期大约3个月。					
2014年7月~2014年9月		(1) 从连续优化问题实例和算法个案分析过渡到双层车辆路径问题分析,建立进Memetic 算法分析的数学模型与理论分析框架。此项工作为期大约6个月。 (2) 与广州市社会科学院合作,以广州市物流规划问题为测试,将研究方法用于求解大规模双层车辆路径问题。此项工作为期大约6个月。					
年 月~ 年 月							
四 项目承担单位、参加单位及团队成员							
承担单位(盖章):							
参与单位1(盖章):							
参与单位2(盖章):							
项目 负 责 人:							
姓 名	证件类型	证件号码	出生日期	职称	学位	所在单位	签名
黄翰	身份证	440509198010103218	1980年10月10日	副教授	博士	华南理工大学	
主 要 研 究 人 员 (须如实填写,以便检查核实):							
吴广潮	身份证	44011119720606421X	1972年6月6日	副教授	博士	华南理工大学	
廖芹	身份证	440111195807153921	1958年7月15日	教授	博士	华南理工大学	
李成安	身份证	62010219691020539x	1969年10月20日	讲师	博士	华南理工大学	
徐杨	身份证	420104197001151611	1970年11月5日	讲师	博士	华南理工大学	

刘小兰	身份证	362201197908260420	1979年8月26日	讲师	博士	华南理工大学	
李学强	身份证	421125198311077610	1983年11月7日	博士生	硕士	华南理工大学	
姜允志	身份证	342128198202020412	1982年2月2日	博士生	硕士	华南理工大学	
林镇泽	身份证	441522198902072375	1989年2月7日	硕士生	本科	华南理工大学	
刘远一	身份证	450923199005213055	1990年5月21日	硕士生	本科	华南理工大学	
						华南理工大学	

广东省自然科学基金项目合同书

五、 课题经费性质及总额

甲方经费下达总额（大写）：伍萬圓整（小写）：5 万元

乙方配套资金（ 大写）：0（小写）：0 万元

年度经费下达计划（万元）：

来 源	总 额	2012 年 10 月	2013 年 10 月	2014 年 10 月	2015 年 10 月
甲 方	5				
乙 方	0.00	0	0	0	0

经费开支预算计划：

支出科目	金额（万元）	用途说明
1. 科研业务费	3.60	国内调研和学术会议费，业务资料、图书、报告、论文印刷费、能源、水、汽油等
2. 实验材料费	0.40	网络，计算机配件、碳粉、墨盒、打印纸等耗材
3. 仪器设备费	0.00	
4. 实验室改装费	0.00	
5. 协作费	0.00	
6. 劳务费	0.75	参与项目的研究生劳务费
7. 管理费	0.25	依托单位按 5%收取
8. 其他（具体说明）	0.00	
合计	5.00	

六、 本合同签约各方

下达单位（甲方）：广东省自然科学基金管理委员会		（盖章）
法定代表人（或法人代理）：		（签章）
联系人（项目主管）姓名：		（签章）
		年 月 日
依托单位（乙方）：		（盖章）
法定代表人（或法人代理）：		（签章）
联系人（项目主管）姓名：		（签章）
电话：	乙方开户银行名称：	
乙方开户单位名称：		
乙方开户银行帐号：		
		年 月 日
联系人（课题负责人）姓名：		（签章）
电话：	E-mail:	
		年 月 日