

中图分类号: TP371
学科分类号: 080605

论文编号: 1028716 22-S059

硕士学位论文

基于邻域结构迁移的多目标组合优化 算法的研究

研究生姓名	王康
学科、专业	计算机科学与技术
研究方向	计算智能理论与应用
指导教师	蔡昕烨 副教授

南京航空航天大学

研究生院 计算机科学与技术学院

二〇二一年十一月

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics
The Graduate School
College of Computer Science and Technology

Research on Multi-Objective Combination Optimization Algorithm Based on Neighbor Structure Transfer

A Thesis in
Computer Science and Technology

by

Wang Kang

Advised by

Associate Prof. Cai Xinye

Submitted in Partial Fulfillment

of the Requirements

for the Degree of

Master of Engineering

November, 2021

承诺书

本人声明所呈交的硕士学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得南京航空航天大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。

本人授权南京航空航天大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

（保密的学位论文在解密后适用本承诺书）

作者签名：_____

日 期：_____

摘 要

本文介绍如何使用`NJA2 THESIS` 文档类撰写南京航空航天大学学位论文。

首先介绍如何获取并编译本文档，然后展示论文部件的实例，最后列举部分常用宏包的使用方法。

关键词：学位论文，模板，`NJA2 THESIS`

ABSTRACT

This document introduces $\text{N}\text{U}\text{A}^2\text{ THESIS}$, the $\text{L}\text{A}\text{T}\text{E}\text{X}$ document class for NUAA Thesis.

First, we show how to get the source code and compile this document. Then we provide snippets for figures, tables, equations, etc. Finally we enforce some usage patterns.

Keywords: NUAA thesis, document class, space is accepted here

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究进展	1
1.3 本文主要研究工作与贡献	2
1.4 本文组织结构	2
第二章 背景介绍	3
2.1 多目标组合优化问题	3
2.1.1 问题定义	3
2.1.2 相关概念	3
2.2 多目标组合优化算法	3
2.2.1 多目标组合优化算法简介	3
2.2.2 基于分解的多目标组合优化算法 (MOEA/D)	3
2.2.3 局部搜索 (Local Search)	3
2.3 性能评价指标	3
2.4 邻域结构	3
2.5 进化迁移	3
2.6 测试问题	3
2.7 本章小结	4
第三章 基于最小生成树和欧拉回路的邻域结构生成方法	5
3.1 引言	5
3.2 研究动机	5
3.3 算法框架	5
3.4 实验结果与分析	5
3.5 本章小结	5
第四章 基于邻域结构迁移的多目标组合优化算法	6
4.1 引言	6
4.2 研究动机	6
4.3 邻域结构迁移	6
4.4 算法框架	6

4.5 实验结果与分析	6
4.6 本章小结	6
第五章 研究工作总结和展望	7
5.1 本文总结	7
5.2 研究展望	7
附录 A 后记	8
A.1 v0.9a 后记——Old Jack 的吐槽	8
A.2 v1.0 后记	9
A.3 v2.0 后记 by yzwduck	10
A.4 v2.1 后记 by yzwduck	10
A.5 v2.2 后记 by yzwduck	11
参考文献	12
参考文献	13
致谢	14
在学期间的研究成果及学术论文情况	15

图表清单

注释表

A, A_0	状态方程矩阵	e	误差绝对值
a	重心到前轴的距离	e_i	误差变化率
a_0, a_1, a_2, a_3	多项式系数	$F(\omega)$	多项式
a_{c0}	加速度变量	F_i, θ_i	Fadeev 递归算法中间变量
a_{s1}, a_{s0}	连轴器及传动轴简化模型传递系数	F_X	汽车总制动力
		F_Y	汽车总侧向力
a_y	横向加速度	f_b	轮胎制动力
a_{yc}	横向加速度极限值	f_{bi}, f_{ci}	各轮制动力和侧偏力
$\tilde{a}_0, \tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \tilde{a}_3$	多项式系数	G	状态方程矩阵
B, B_0, B_1	状态方程矩阵	g	重力加速度
B_{w1}, B_{w2}	状态方程矩阵	H	汽车重心高度
b	重心到后轴的距离	$H(j\omega)$	频响函数
b_0, b_1, b_2, b_3	多项式系数	h	汽车重心到侧倾中心的距离
b_m	电机阻尼比系数	h_r	汽车侧倾中心高度

缩略词

缩略词	英文全称
WSN	Wireless Sensor Networks
CAM	Center Angle Method
LEACH	Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy

第一章 绪论

1.1 研究背景及意义

现实生活中，许多问题都是由相互冲突和影响的多个目标组成。人们经常会遇到在给定条件下，尽可能的使多个目标同时达到最佳的优化问题。优化问题存在的优化目标超过一个并需要同时处理，就成为了多目标优化问题 (MOPs)。当问题的变量域是有限集合时，我们称该类问题为多目标组合优化问题 (CMOPs)。多目标组合优化问题在现实世界中大量存在，它已广泛应用于大部分行业，包括但不限于运输、能源、金融和调度。由于大多数多目标组合优化问题是 NP 难问题，传统的确定性算法难以对这类问题在给定时间内进行求解，因此如何设计相应的多目标组合优化算法来解决这类问题，越来越受到学者们的关注，也有着重要的研究意义。

局部搜索 (LS) 是解决组合优化 (CO) 的一种有效方法，但是局部搜索的搜索空间可能很大，而且在给定的时间内，对于每一个组合，局部搜索都需要进行一次搜索，这种搜索空间可能会导致算法的运行时间很长。但是，我们不仅可以通过各种高效的搜索策略来减小局部搜索的搜索空间，而且还可以通过对具有显性结构化搜索空间的组合优化问题进行搜索空间的剪枝预处理，从而减小搜索空间，达到提高算法的运行效率的目的。

此外，迁移学习 (TL) 是一种利用跨问题领域的有用特征数据来提高学习性能的机器学习 (ML) 方法。TL 利用从包含大量高质量信息的源域 (SD) 中获得的知识来改进只包含少量知识的目标域 (TD) 的学习模型^[2]。然而，现在的 TL 研究主要局限于机器学习应用，如计算机视觉、自然语言处理和语音识别等。近年来，在进化优化的背景下，基于 TL 中不同领域的信息迁移这一特征，越来越多的研究者开始将进化算法 (EA) 与 TL 结合起来，提出了进化迁移优化 (ETO) 这一新的范式。ETO 通过将 EA 求解器与知识学习和跨领域信息迁移相结合，从而实现更好的优化效率和性能。

当前的研究中，很多工作都是基于启发式的方法在有限时间内来对优化问题进行优化，并给出一个或一组近似的解决方案。鉴于此，本文将在基于分解的多目标优化框架上，融入局部搜索和领域信息迁移的思想。并且，针对具体问题，设计高质量的邻域结构 (NS)，同时将这些领域结构作为 ETO 中能够被迁移的元信息，从而使得设计的算法能够在提升优化效率的同时能够获得更好的优化效果。

1.2 国内外研究进展

我

1.3 本文主要研究与贡献

我

1.4 本文组织结构

我

第二章 背景介绍

2.1 多目标组合优化问题

2.1.1 问题定义

我

2.1.2 相关概念

我

2.2 多目标组合优化算法

2.2.1 多目标组合优化算法简介

我

2.2.2 基于分解的多目标组合优化算法（MOEA/D）

我

2.2.3 局部搜索（Local Search）

我

2.3 性能评价指标

我

2.4 邻域结构

我

2.5 进化迁移

我

2.6 测试问题

我

2.7 本章小结

我

第三章 基于最小生成树和欧拉回路的邻域结构生成方法

3.1 引言

我

3.2 研究动机

我

3.3 算法框架

我

3.4 实验结果与分析

我

3.5 本章小结

我

第四章 基于邻域结构迁移的多目标组合优化算法

4.1 引言

我

4.2 研究动机

我

4.3 邻域结构迁移

我

4.4 算法框架

我

4.5 实验结果与分析

我

4.6 本章小结

我

第五章 研究工作总结和展望

5.1 本文总结

我

5.2 研究展望

我

附录 A 后记

A.1 v0.9a 后记——Old Jack 的吐槽

`\begin{轻松+愉快}`

Old Jack 他有点累.....

Old Jack 两年前就开始关注南航毕设的 L^AT_EX 模板了，但是两年了还没有任何有实际意义的新动作，所以 Old Jack 就亲自操刀制作了新的一版。虽然很多代码都是从其他模板中直接摘抄过来的，但是这也是 T_EX 最普遍、最快捷的学习 & 开发方法。一开始 Old Jack 也想造轮子，但是轮子真的不好造。

在制作过程中遇到了几个关键性的问题：

- 前文提到的三种粗体
- nuaa.png 源文件和页眉制作
- 英文字母、章节标题莫名其妙的加粗
- 脚注相对页脚线的位置

第一个问题 Old Jack 曾经用 T_EX 中伪粗体 (FakeBold) 的方法实现过，但是效果并不好，而且当时受到最后一个问题的强烈影响，不得不使用其他字体来解决这个问题。

第二个问题 Old Jack 开始是使用官方模板中的图片，但是分辨率太低，效果很差。于是 Old Jack Google 以图搜图找到了现在的这个文件的源文件，经过了一系列不可描述的操作后得到了现在的 nuaa.png。页眉的制作也让 Old Jack 很头疼，论文要求论文到顶端和底端的距离分别为 2.5cm 和 2.0cm，Old Jack 很 naive 的就给 geometry 设置了这个数值，但是效果和官方模板差了很多，于是 Old Jack 只好一点一点地调试，达到了近似官方模板的效果。页脚和官方模板有细微的区别，Old Jack 认为这无伤大雅，是要罗马数字和阿拉伯数字编号正确应该就可以了。

第三个问题是一个非常奇怪的问题。使用伪粗体时所有标题全都加粗了，非常难看，经过了代码重构和不停地调试解决了这个问题。在模板完成 99% 后发现最后致谢中的英文字体全都加粗了，Old Jack 几次审视代码和调试都没有解决。偶然间，Old Jack 将全部主要文件全部提取出来，放入另一个文件夹，然后重新编译就解决了这个问题！当然后来发现代码中确实有一个地方有小问题可能会影响，但是这不是上一次出错的原因。Old Jack 对于各位使用模板的南航学子以及其他可能会参考此模板的 T_EX 爱好者提了一个建议：任何语言，任何代码出现莫名其妙的问题时，换一个文件夹，改一下名字，重新跑一下，可能会得到意想不到的结果。当然这不是万能的解决方法。

第四个问题就如第一章中脚注和页脚线的情况，感觉两条线很别扭。Old Jack 犹豫了很久，

最后没有采用将脚注放在页脚线下的方案，因为 Old Jack 觉得还是两条线的方案好看。对于想要将脚注放在页脚线下方的同学，可以在主文件中取消注释那段代码，来实现所需要的效果。

Old Jack 他完成了模板的再制作，但是他没有心气再写出一篇能够指导大家使用 \LaTeX 的文档了(好吧，Old Jack 他承认懒是一部分因素)，望大家谅解 Old Jack。

$\backslash\text{end}\{\text{轻松+愉快}\}$

A.2 v1.0 后记

Old Jack 非常高兴，因为他不是一个人在战斗。再次感谢张一白、王成欣、曾宪文、Gavin Lee 等人的工作，没有他们， $\text{NJU}^2\text{THESIS}$ 不会像现在这么美丽。

经过 $\text{NJU}^2\text{THESIS}$ Group 的努力和测试， $\text{NJU}^2\text{THESIS}$ 迎来了 v1.0 版，也就是第一个正式发行版。一路走来也是有些坎坷，各种各样的小问题一直困扰着我们，其实 v1.0 也还有着一些细小的问题尚未解决。不过 Old Jack 请大家放心，这些小问题不影响模板的使用。很多已经被我们解决的小问题比如页眉的大小位置，中英文字体是否正确，摘要的章节标题不能是加粗的宋体等等，老师可能不去管这些，甚至注意不到有什么区别。相比之下，重要的地方是：公式、图表的编号，图表和文本的位置，参考文献的格式等等才是老师关注的点。很多地方只是我们几个人为了追求和 office 模板尽可能接近，才不断地进行修改调整，也是有点讽刺。

写毕设论文的时候，Old Jack 不止一次看到隔壁室友调公式内容， Mathtype 和 Office 装了卸，卸了装、调公式编号、调标题位置和大小、调首行缩进、调段间距等等等等，看着他们搞得焦头烂额的，Old Jack 都觉得心累。打印时也是这样，有太多的人在打印店不停地修改自己的论文，有因为 office 和 wps 不兼容修改的，有 office 版本不兼容修改的，有因为页眉页脚错误修改的等等。然而 Old Jack 他在写论文时从来没有担心过这些事情（当然，作为模板开发者 Old Jack 确实操心了很多，2333），他也第一次真正体会到了什么叫做专注于内容，真的挺轻松的（表格是例外）。

对于模板的推广，Old Jack 觉得使用人数仍然不会太多，毕竟 \LaTeX 的群众基础太小，除了 8 院，其他学院对公式的需求整体来讲并不迫切，Old Jack 猜测大部分知道、了解 \LaTeX 的同学是通过数学建模竞赛这个途径才学习了 \LaTeX ；同时因为涉及到学习新的程序语言，时间成本也较大，所以很多同学的学习意愿不高。不过 $\text{NJU}^2\text{THESIS}$ 的目标人群本来也不是全校所有学生，Old Jack 的思路，Old Jack 相信也是 $\text{NJU}^2\text{THESIS}$ Group 其他开发者的思路是：

1. 为自己服务，这是 $\text{NJU}^2\text{THESIS}$ Group 开发模板的第一动力；
2. 对已经掌握 \LaTeX 基本语法的同学， $\text{NJU}^2\text{THESIS}$ Group 为他们在毕业设计时能更轻松地撰写论文，提供平台和机会；
3. 对准备学习 \LaTeX 以及已经学习了一点 \LaTeX 的同学， $\text{NJU}^2\text{THESIS}$ Group 为他们提供学下去的动力和平台。

即将毕业了，回首大学四年，Old Jack 做过疯狂的事情，也找到了一份看起来还可以的工作，只觉得还没对学校做过什么有用的事情，尽管 Old Jack 对学校其实并不是很有感情。完成了这个模板后，至少 Old Jack 可以减少一个遗憾，然后离开学校了。虽然这不是什么惊天动地的工作，但是至少 Old Jack 做了件他认为还算有意义的事情。Old Jack 应该还会再维护 $\text{N}_\text{U}^2\text{Thesis}$ 一段时间，期待有后继者能够接过火炬，继续完善并推广 $\text{N}_\text{U}^2\text{Thesis}$ 。

想说的可能也就这么多了，Old Jack out !

0813 王志浩，2017.6.24

A.3 v2.0 后记 by yzwduck

也是两年前开始关注南航毕设的 $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 模板了，但直到毕业前，都没能去静下心来学习 $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 。

现在差不多本科毕业一年，或者说，一年后要开写硕士学位论文了，本打算照着 CQUThesis 来造轮子的时候，逛纸飞机¹ 看到 $\text{N}_\text{U}^2\text{Thesis}$ v1.0 发布了。非常激动、也很自愧，同样是经历了大学四年的人，我没能把这模板做出来。

于是马上把两年前为了模板而画的校名（矢量图）传了上去²。

原本打算在 v1.0 版的基础上修改的，但因为行间距设置有问题，封面与 Word 模板也有点差异，还要再加入硕/博士的模板，于是干脆改成 Documented LaTeX Source (.dtx)，方便以后写模板的文档。

做模板过程中遇到的大问题，在于如何正确理解学校对论文格式的要求。虽然有《本科毕业设计（论文）撰写格式要求》、《研究生学位论文撰写要求》，但这些要求依然不够细致，因为那些要求都是假定你用 Word 来写论文的，要求里的内容是 Word 设置的操作方法，所以还要先学习 Word 的排版算法。虽然这不是热门的资料，而且还有 CJK 独有的坑，幸好有人把 Word 排版算法解释得非常详细，这个模板才能避免大量使用测量得到的魔数。但还有很多细节部分，因为能力有限，没能实现。

最后容我吐槽一下学校的 Word 模板，我觉得那个 Word 模板可能从最初做出来后，就基本没有变化。那个“最初”或许可以追溯到上个世纪。很多编号的事情都要由手工来完成，比如说目录页码、各级标题的编号、题注等。这些完全可以自动编号的工作，如果要手工做的话【掀桌颜文字】。

A.4 v2.1 后记 by yzwduck

转眼间一年过去，又到了写毕业论文的时候了。

¹论坛还活着吗？该不会已经沦落为老人的回忆了吧。——2018.10.10

²<https://github.com/nuaatug/nuaathesis/commit/24fa82e>

翻了一下代码的 `commit` 记录 (部分非公开), 这一年间只有加起来两、三个星期在做这个论文模板, 已经无法用“懒”这字来描述鄙人的状态了。

不过也有几件值得小小炫耀一下的事, 终于把中/英/日多国语的坑填了不少, 至少能编译出对应语言的论文来; 为了减少重复代码, 使用一些宏包造了 `CTEX` 的几个轮子, 从而实现一个 `class` 文件能支持三国语言。

为了检验模板的效果, 鄙人从知网上找了两篇论文, 试着用 `NJA2 THESIS` 模板排版了一下 (节选), 又发现了不少问题。因此目前 `NJA2 THESIS` 应该还有相当多的问题的, 但没有用户的话, 由于鄙人能力有限, 难以发现, 还请各位使用 `NJA2 THESIS` 的先行者们 (Pioneers) 能反馈意见和建议。

愿所有使用 `NJA2 THESIS` 的人, 不会被评审老师指责格式问题。

A.5 v2.2 后记 by yzwduck

我完全没预料到学校会在论文提交截至的 10 天前, 更新论文的模板, 并且变化不小。

值得称赞的是, 学校官方的模板终于用上了“样式表”——从 `Word` 的第一个版本就有的功能¹。迟到总比不到好, 但是这份 `Word` 模板留有不少问题。其中比较容易的有:

- 英文摘要页使用了质量很低的机器翻译, 并且关键词前没有空行;
- 目录页结尾, 多了一个章节符;
- 样例章节 2.1.2 (以及 2.2.4) 的标题, 多了段落前后的空格;
- 样例章节 2.2.2 中的罗马数字页号, 没有使用 `Times New Roman` 字体;
- 四级标题没有顶格书写;
- 三线表标题行底部的划线, 粗细不是 0.75 磅;

不太容易解决的问题 (按从易到难排序):

1. 页眉高度过低, 侵入了正文空间 (大约 0.02 英寸);
2. 页眉里的章节标题, 在英文版的 `Word` 无法正常显示;
3. 插图、表格和公式没有自动标号, 也无法插入对应的引用;

当然, 这份模板也还有不少问题, 其中比较头疼的几个是:

- 与 `Word` 排版不一致的行间距;
- 一直没有得到修正的参考文件样式;
- 冗余且一知半解的代码;
- 大量魔数, 缺少文档。

如果 (虚拟语气) 有时间 `devotion` 的话, 我尽量在我停止维护之前, 把这些坑填上。

`NJA2 THESIS` と 良い思い出になりますように。

¹<http://www.columbia.edu/~em36/wordstyles.html>

参考文献

参考文献

- [1] 本节演示如何手写参考文献目录
- [2] 如果论文能用 **biber** 来管理参考文献的话，请使用 **biber**，不要手写
- [3] 如果实在不方便用 **biber** 的话，可以使用这种方法来手写参考文献。格式完全手写会有点繁琐，而且不能在正文中引用。比如：
- [4] KANAMORI H. Shaking without quaking[J]. Science, 1998, 279(5359): 2063.
- [5] 吴云芳. 面向中文信息处理的现代汉语并列结构研究 [D]. 北京: 北京大学, 2003[2013-10-14].

示例：[1] 这种写法不符合学校的要求，推荐使用这种写法^[4]。

致 谢

在此感谢对本论文作成有所帮助的人。

在学期间的研究成果及学术论文情况

攻读硕士学位期间发表（录用）论文情况

1. 以后可能会在这里也用上 biber
2. 不过目前还需要手写论文全称

研究生期间参与的科研项目

1. 国家自然科学基金 (No.12345678)