

上海大学出版社

2006年上海大学博士学位论文 94



工件加工时间非恒定的 排序模型研究

- 作者：程明宝
- 专业：运筹学与控制论
- 导师：孙世杰



上海大学出版社

2006年上海大学博士学位论文



工件加工时间非恒定的 排序模型研究

- 作者：程明宝
- 专业：运筹学与控制论
- 导师：孙世杰



图书在版编目(CIP)数据

2006 年上海大学博士学位论文. 第 2 辑/博士学位论文编辑部编. —上海: 上海大学出版社, 2010. 6

ISBN 978 - 7 - 81118 - 513 - 3

I. 2... II. 博... III. 博士—学位论文—汇编—上海市—2006 IV. G643.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 162510 号

2006 年上海大学博士学位论文 ——第 2 辑

上海大学出版社出版发行

(上海市上大路 99 号 邮政编码 200444)

(<http://www.shangdapress.com> 发行热线 66135110)

出版人: 姚铁军

*

南京展望文化发展有限公司排版

上海华业装潢印刷厂印刷 各地新华书店经销

开本 890 × 1240 1/32 印张 278 字数 7 760 千

2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—400

ISBN 978 - 7 - 81118 - 513 - 3/G · 514 定价: 880.00 元(44 册)

Shanghai University Doctoral Dissertation (2006)

Scheduling Model with Jobs' Processing Times Being Non-constant

Candidate: Cheng Ming-bao

Major: Operational Research & Cybernetics

Supervisor: Sun Shi-jie

Shanghai University Press

• Shanghai •

上海大学

本论文经答辩委员会全体委员审查,确认符合上海大学博士学位论文质量要求.

答辩委员会名单:

主任:	唐国春	教授, 上海第二工业大学数学系	201209
委员:	张 峰	教授, 上海第二工业大学数学系	201209
	濮定国	教授, 同济大学数学系	200433
	康丽英	教授, 上海大学数学系	200444
	秦成林	教授, 上海大学数学系	200444
导师:	孙世杰	教授, 上海大学数学系	200444

评阅人名单:

张 峰	教授, 上海第二工业大学数学系	201209
杨启帆	教授, 浙江大学数学系	310027
康丽英	教授, 上海大学数学系	200444

评议人名单:

张玉忠	教授, 曲阜师范大学数学系	276826
张国川	教授, 浙江大学数学系	310027

答辯委员会对论文的评语

排序理论是运筹学与控制论中一个非常重要的研究分支. 该论文的选题为这一分支的若干新兴课题, 具有前沿性.

文中对加工时间是其正常加工时间和开工时间的线性函数的排序模型, 给出了求解最大完工时间和加权总完工时间的单机排序问题的多项式时间算法. 对工件实际加工时间是其开工时间的简单线性函数的排序模型, 给出了最大完工时间、加权总完工时间之和、最大延误等为目标函数的单机排序问题的多项式时间算法, 并对平行机的情形给出了近似算法和性能比分析. 对具学习效应的排序模型, 文中对一些经典的目标函数作了研究, 给出了最优算法, 并对流水作业问题给出了近似算法和性能比分析.

该文的研究内容涵盖了多项式时间算法的设计, NP-hard 问题的复杂性证明, 近似算法的设计和性能比分析. 研究成果有一定的广度和深度, 较系统地推进了该领域的研究. 反映了作者具有坚实的数学基础和较强的科研能力. 论文推理严谨, 层次分明, 是一篇优秀的博士学位论文.

答辩委员会表决结果

经答辩委员会无记名投票,一致同意通过论文答辩,并建议授予理学博士学位.

答辩委员会主任: **唐国春**

2006 年 6 月 15 日

摘 要

排序问题是运筹学中一类重要的组合优化问题。在经典排序问题中,通常假设工件的加工时间是恒定的。但是在诸多有实际背景的问题中,工件的实际加工时间由于加工机器设备、工件本身以及加工顺序(位置)等因素的影响而不可能始终是恒定的。此产生一类重要的新型排序问题——工件加工时间非恒定的排序问题。一般来说,这类排序问题比经典排序问题更为复杂,绝大多数均为 NP-hard 问题。而对于 NP-hard 问题的研究,一般是研究它的多项式时间近似算法,并分析该近似算法的最坏情况界。然而由于生产实践的需要,研究某 NP-hard 问题一些特例的多项式时间算法是很有必要的。它一方面可以为求出该 NP-hard 问题一些特例的最优解提供方法,另一方面也可以为解决原 NP-hard 问题提供近似算法,从而使排序理论更好地服务于生产实践。

本文主要对工件加工时间非恒定的排序模型进行了研究。并在以下几个方面做了一些探讨:

1. 本文介绍了有关排序问题、计算复杂性、近似算法以及最坏情况界等基本概念,并对近年来出现的各种工件加工时间非恒定的排序模型及其有关结果作了简要的归纳。

2. 对工件加工时间是其正常加工时间和开始加工时间的线性函数的排序模型。

- (1) 对目标函数为加工全程的单机排序问题,给出了相应的最优算法;对于加权总完工时间的单机排序问题证明了其为

NP-hard 的.

(2) 对机器具有某种优势关系的流水作业排序问题进行了研究,取目标函数分别为加工全程和完工时间之和,对它们分别给出了最优算法.

3. 对工件加工时间是其开始加工时间的线性函数的排序模型.

(1) 对工件间有调整时间和没有调整时间的单机排序问题,以加工全程、加权完工时间之和以及最大延误等为目标函数作了研究,并给出了相应问题的最优算法或者证明了其计算复杂性.

(2) 对目标函数为极小化最大完工时间和极大化最小机器完工时间的平行机排序问题进行了探讨,分别给出了近似算法并分析了相应的性能比.

(3) 证明了工件具有调整时间的两台机器的流水作业排序问题是 NP-hard 的,讨论了机器具有一定优势关系下的一些特殊情况,对目标函数为极小化最大完工时间的情形给出了最优算法.

4. 对具有学习效应的排序模型.

(1) 提出了一种新的具有学习效应的单机排序模型,并对目标函数为极小化最大完工时间,完工时间之和,超前迟后,多目标函数以及一些经典的目标函数的情况进行了研究. 并分别给出了最优算法.

(2) 针对流水作业排序问题,首先研究了目标函数为最大完工时间和完工时间之和的情况,给出了相应问题的近似算法并分析了其性能比. 其次对机器具有某种优势关系的情形进行了探讨,对目标函数为最大完工时间问题给出了最优算法. 同时还讨论了工件具有线性学习效应的流水作业问题.

5. 研究了工件加工时间是其开始加工时间的线性函数的半在线排序模型.

关键词 排序, 单机, 平行机, 流水作业, 退化, 学习效应, 成组加工, 最优算法, 近似算法, 性能比, 半在线

Abstract

Scheduling is a class of important combinational optimization problem. In the classical scheduling, it is assumed that the processing times of jobs are constant. However, there are many real-life situation where the processing times of jobs depend on machinery facilities, their starting processed times or their position positions being processed. Basing on those reasons, a class of new scheduling problems put forward — scheduling problems with jobs' processing times being nonconstant. In general, such a class of modern scheduling problems is more complex than classical scheduling problems, for most of them are NP-hard problems. For these NP-hard problems, it is necessary that some approximation algorithms are constructed, and their worst-case bounds are analyzed. At the same time, considering the requirement of practical application, polynomial time algorithms are also necessary for some of these modern scheduling problems. For on the one hand, the polynomial time algorithms can be used to solve some special cases of the NP-hard problem, on the other hand, these polynomial algorithms can be used as approximation algorithms for the original NP-hard problem. This paper mainly considers such a class of new modern scheduling

problems with jobs having non-constant processing times, the contributions can be summarized as follows:

1. This paper introduces the basic concepts of scheduling problems, computational complexity, heuristic algorithms and worst-case ratio, and the main results related to jobs' processing times being non-constant.

2. For the scheduling models with jobs' processing times are linear function of their normal processing times and starting times.

(1) For the single machine scheduling problems with minimizing the makespan, the optimal algorithms are given. For the single machine scheduling problem with minimizing weighted total flow time, we prove it is an NP-hard problem.

(2) For the flow shop scheduling problems, under the constraint of no-idle dominant machines, corresponding to the objective functions, makespan and the total flow time, the optimal algorithms are given.

3. For the scheduling models with jobs' processing times are linear function of their starting times.

(1) Under the condition of with or without setup times, the single machine scheduling problems with makespan, weighted total flow time and maximum lateness as our objectives, the corresponding optimal algorithms are given or prove their computational complexity.

(2) For the parallel machines scheduling problems. We discuss minimizing the makespan and maximizing the minimum machine completion time, present heuristic

algorithms and analyze their worst-case ratio.

(3) For the flow shop scheduling problems. We prove that two-machine flow shop scheduling problem with this model is NP-hard, and discuss some special cases including that machines being dominance and some optimal algorithms are given.

4. For the scheduling models with a learning effect.

(1) We put forward a new learning effect single machine scheduling model. For such a model, we consider makespan, the total flow time and some multi-criteria, some of them are modelled as assignment problems. For some other classical objectives, we given examples to show that the classical optimal rules are no longer the optimal ones assuming such a learning effect is considered.

(2) For the flow shop scheduling problems. At first, an example is given to show that the classical Johnson's rule is not the optimal solution for the two-machine flow shop scheduling to minimize makespan with such a new learning effect. For the m-machine flow shop, a heuristic algorithm with worst-case bound m for makespan or the total flow time is given. Then, the special case with dominant machines is discussed and some optimal algorithms are given. At the same time, we consider flow shop scheduling problem with linear learning effect.

5. The semi-online scheduling models with jobs' processing times being linear deteriorated are also considered.

Key words Scheduling, Single-machine, Parallel machine, Flow shop, Deterioration, Learning effect, Group technology, Optimal algorithm, Heuristic algorithm, Worst-case ratio, Semi-online

目 录

第一章 绪论	1
1.1 排序问题	1
1.2 计算复杂性	3
1.3 近似算法	5
1.4 工件的加工时间与正常加工时间及开始加工时间有关的 排序问题	5
1.5 本文的主要工作	11
第二章 工件加工时间为其正常加工时间及开始加工时间的线性 函数的排序模型	12
2.1 引言	12
2.2 工件具有相同的正常加工时间 ($a_{ij} \equiv 1$) 的二类单机 排序问题	14
2.3 工件具有相同的正常加工时间的流水作业排序问题	28
2.4 工件具有相同退化率的流水作业排序问题	31
第三章 工件加工时间为其开始加工时间的线性函数的排序 模型	39
3.1 前言	39
3.2 工件成组加工时的单机排序问题	40
3.3 工件间具有调整时间的单机排序问题	45
3.4 工件加工时间为 $P_j = b_j t$ 的平行机排序问题	49
3.5 机器具有优势关系的流水作业问题	59

第四章 具有学习效应的若干排序模型	66
4.1 前言	66
4.2 具有共同学习效应的单机排序问题	67
4.3 学习效应与工件相关的单机排序问题	74
4.4 工件同时具有退化和学习效应的单机排序问题	78
4.5 工件具有学习效应的流水作业排序问题	82
4.6 工件具有线性学习效应的流水作业排序问题	91
第五章 工件具有线性退化加工时间的半在线排序模型	97
5.1 前言	97
5.2 具有相同的机器准备时间的半在线排序模型	99
5.3 小结	109
第六章 结论与展望	110
参考文献	113
致 谢	126