

基于提前和延误惩罚的单机调度 问题启发式算法研究



姓 名：覃 涛

指导老师：吕志鹏 教授

答辩日期：2018.5.27

目录

1 基于提前和延误惩罚的单机调度问题

2 迭代局部搜索算法

3 算法参数测试和性能分析

4 总结与展望



第一部分

基于提前和延误惩罚的单机调度问题

基于提前和延误惩罚的单机调度问题

问题描述

给定工件集 $J = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$, 在一台机器上完成加工, 对于任一工件 $j_i (1 \leq i \leq n)$, p_i 表示加工时长, d_i 表示工期, 机器**不允许抢占**, 也没有等待时间, 单机调度问题就是为 n 个工件安排加工顺序

合法解

n 个工件的任意一种序列即为合法解, 故求解复杂度为 $O(n!)$

求解目标

令 c_i 表示工件 j_i 的实际完工时间
提前惩罚 $E_i = \max\{0, d_i - c_i\}$, 延误惩罚 $T_i = \max\{0, c_i - d_i\}$

求解目标: $\text{minimize } \sum_{i=1}^n E_i + T_i^2$



第二部分

迭代局部搜索算法

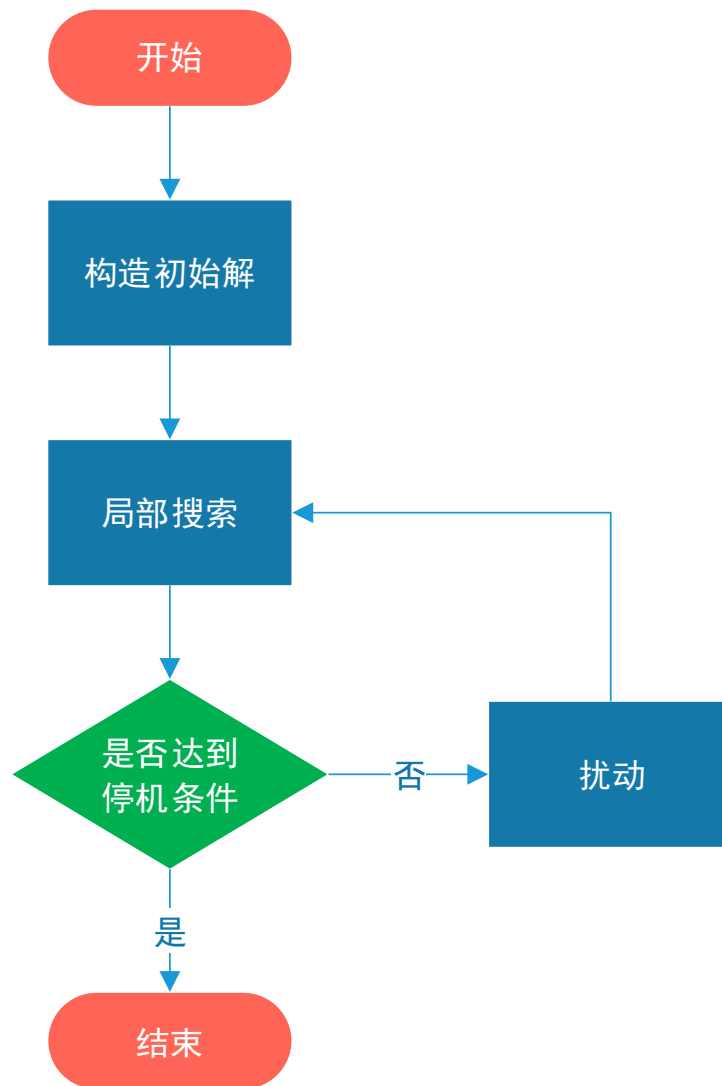
迭代局部搜索算法（算法框架）

多邻域动作

- 包括工件的插入和交换两种动作，每次邻域搜索会随机选择一种

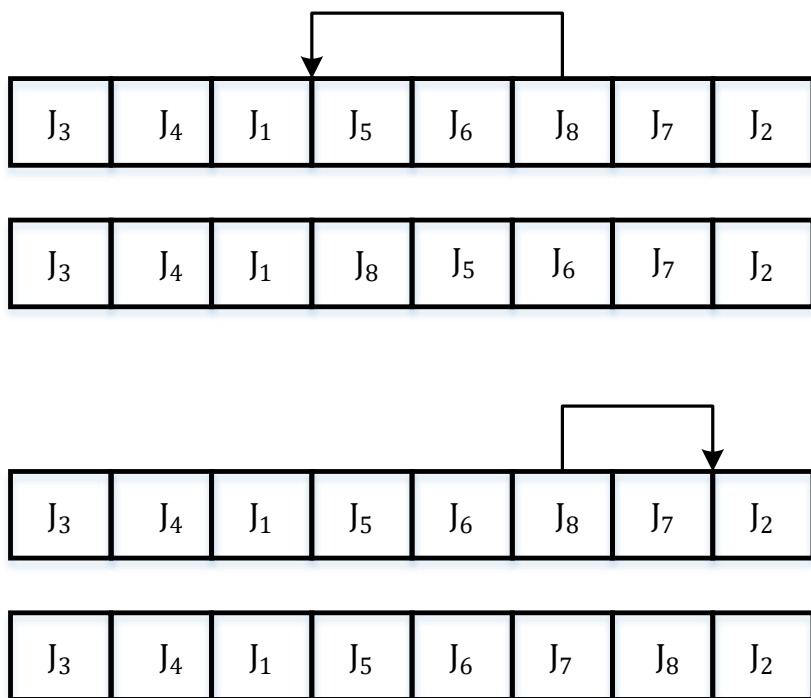
多扰动机制

- 包括基于禁忌的扰动、基于构造的扰动和随机扰动三种，随机选择其中一种

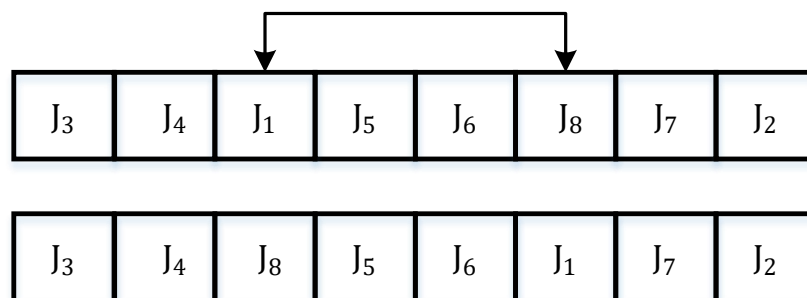


迭代局部搜索算法（邻域动作）

工件插入动作



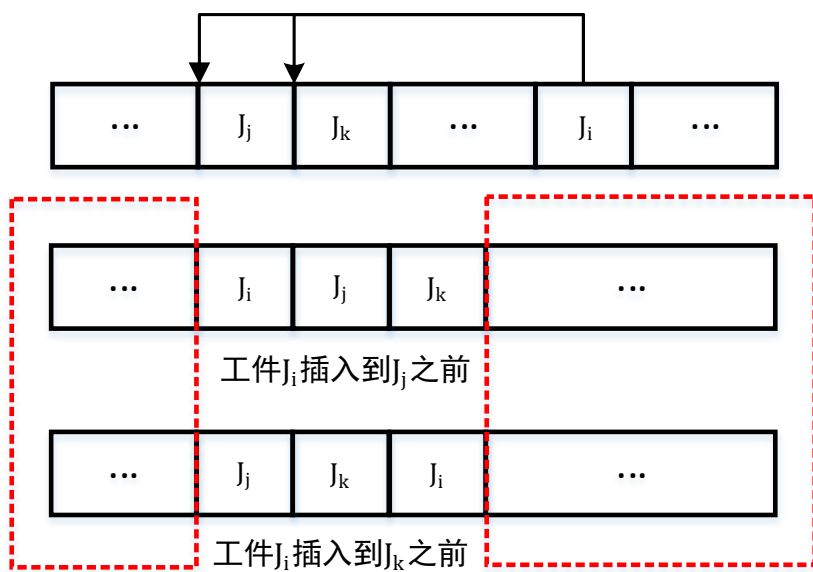
工件交换动作



为减少邻域空间大小，设置了邻域动作距离阈值

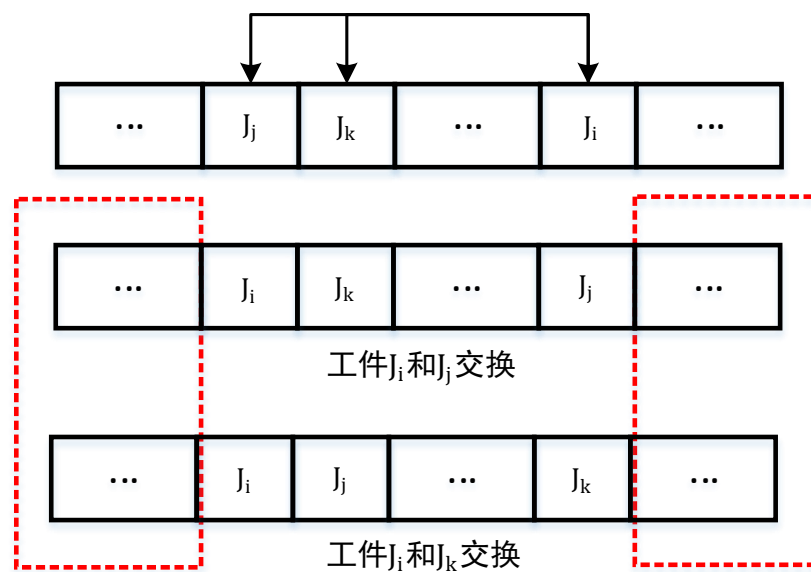
迭代局部搜索算法（邻域评估）

工件插入动作



$O(1)$

工件交换动作



$O(n)$

迭代局部搜索算法（多扰动机制）

多扰动机制

基于禁忌的扰动

- 执行固定迭代次数的禁忌搜索

基于构造的扰动

- 随机移除序列中的某个工件，按照 $VF(k) = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k}$ 的概率插入到新位置， k 表示插入位置形成新解的目标函数值排名

随机扰动

- 执行一定次数的随机插入动作或者交换动作



第三部分

算法参数测试和性能分析

算法参数测试和性能分析（测试用例）

9种规模

- 小规模 $n=10, 15, 20$
- 中规模 $n=30, 40, 50$
- 大规模 $n=70, 100$

L和H类

- L类：加工时长 $p_i \in [45, 50]$
- H类：加工时长 $p_i \in [1, 100]$

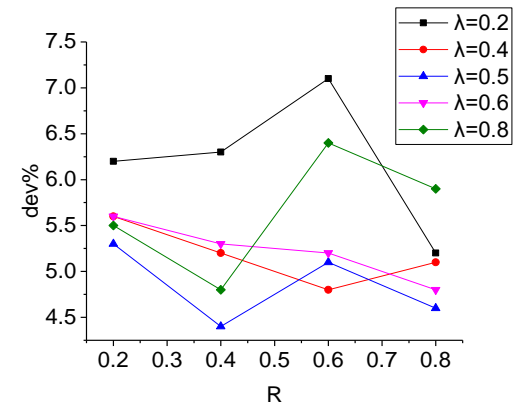
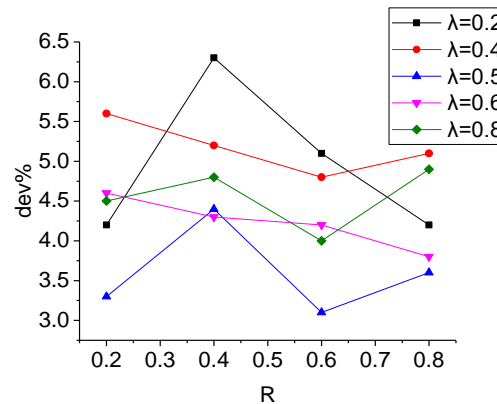
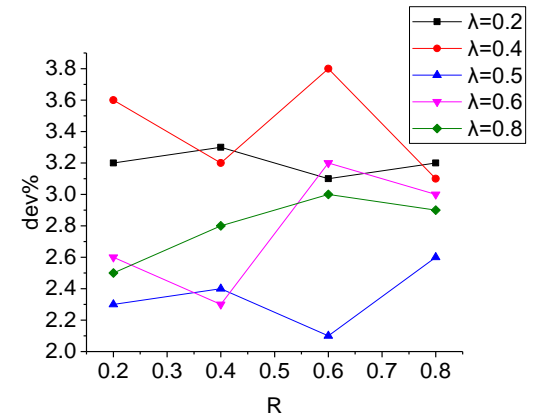
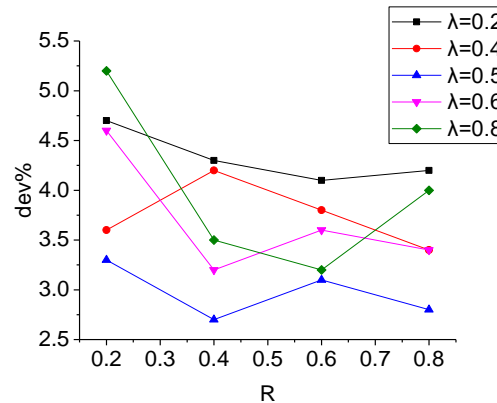
随机工期

- $d_i \in [P(1 - T - \frac{R}{2}), [P(1 - T + \frac{R}{2})]$
- $T=0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$
- $R=0.2, 0.4, 0.6, 0.8$

算法参数测试和性能分析（邻域动作选择概率测试）

- λ 和 $(1 - \lambda)$ 表示选择插入动作和交换动作的选择概率
- 规模为20个工件数量，L和H两种类型，T为0.2或0.8，R为0.2、0.4、0.6和0.8的算例集
- λ 取值0.2, 0.4, 0.5, 0.6和0.8

◆ $\lambda=0.5$ 时计算效果最佳!

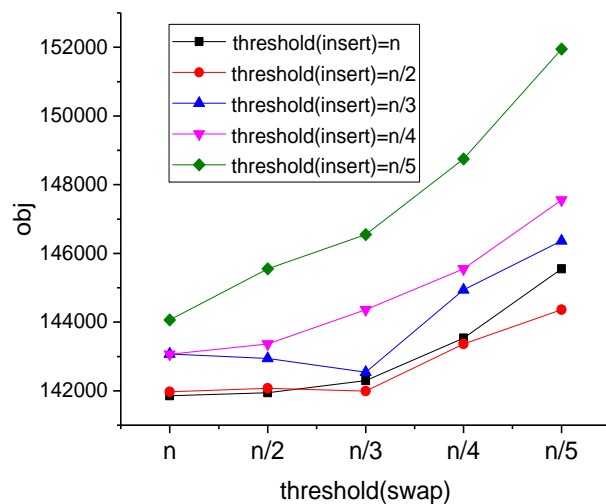


算法参数测试和性能分析（邻域动作距离阈值测试）

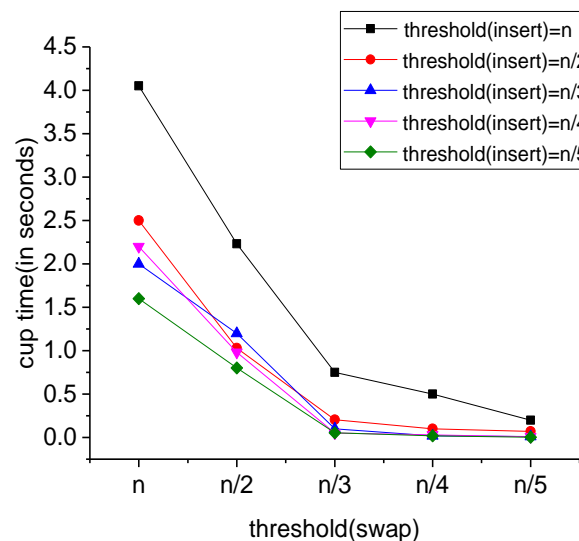
□ 测试用例：工件数量为100、 $T=0.2$ 、 $R=0.4$ 的L型算例

□ 阈值取值范围： n , $n/2$, $n/3$, $n/4$ 和 $n/5$

□ 插入动作阈值取 $n/2$ ，交换动作阈值取 $n/3$!



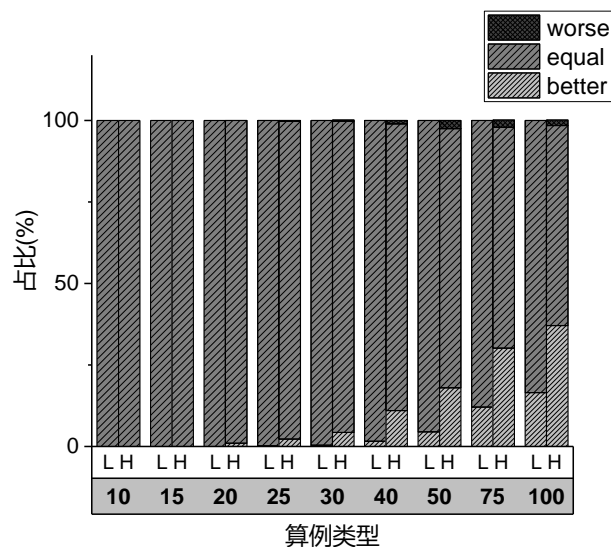
动作距离阈值对解的影响



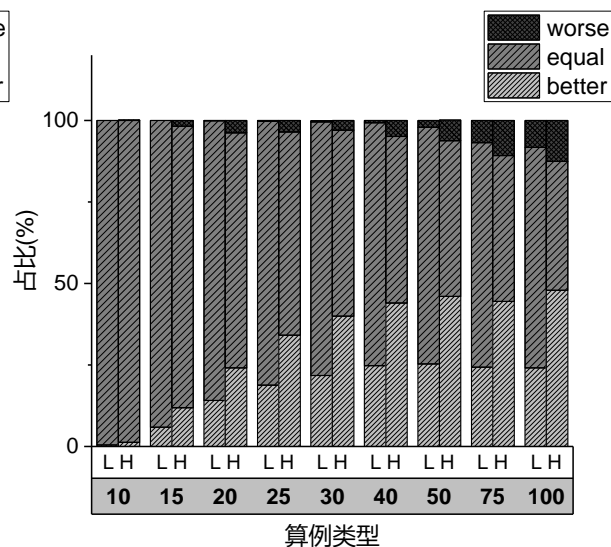
动作距离阈值对计算时间的影响

算法参数测试和性能分析（与MA_IN算法对比）

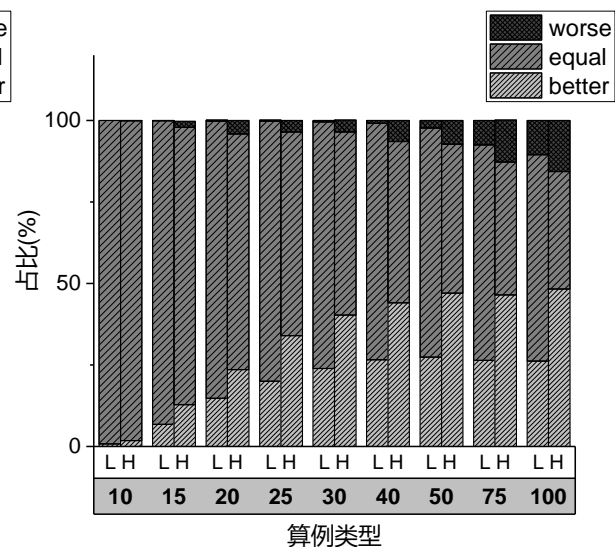
- ◆ 每个算例计算10次，分别统计10次运算中，最好情况下、平均情况下和最差情况下，ILS-MP差于（worse）、等于（equal）和优于（better）MA_IN算法的算例占比



按最好计算结果对比



按平均计算结果对比



按最差计算结果对比

算法参数测试和性能分析（计算时间）

各求解算法计算时间统计

Var.	Heur.	n = 10	n = 20	n = 30	n = 40	n = 50	n = 75	n = 100
L	RBS	0.001	0.004	0.009	0.019	0.033	0.100	0.227
	GA	0.012	0.174	0.221	0.492	0.932	3.028	–
	GA_IN	0.003	0.015	0.042	0.088	0.158	0.480	1.070
	MA	0.003	0.011	0.037	0.089	0.172	0.612	1.617
	MA_IN	0.004	0.011	0.033	0.079	0.153	0.545	1.445
	ILS-MP	0.000	0.001	0.002	0.006	0.013	0.068	0.205
H	RBS	0.001	0.004	0.009	0.020	0.035	0.109	0.250
	GA	0.013	0.008	0.242	0.549	1.051	3.476	–
	GA_IN	0.004	0.020	0.052	0.106	0.192	0.593	1.353
	MA	0.004	0.013	0.041	0.102	0.203	0.767	2.108
	MA_IN	0.004	0.011	0.036	0.089	0.172	0.649	1.790
	ILS-MP	0.000	0.001	0.004	0.021	0.052	0.263	0.843



第四部分 总结与展望

总结与展望

创新点

- 两种不同的邻域动作
- 设置距离阈值
- 增量评估
- 多扰动机制

展望

- 将一个工件的插入和交换扩展为“块”的动作
- 可以将算法扩展到其它序列问题

攻读硕士学位期间发表的论文

- [1] Qin T, Peng B, Benlic U, et al. Iterated local search based on multi-type perturbation for single-machine earliness/tardiness scheduling. *Computers & Operations Research*, 2015, 61(C):81-88. (SCI索引)

谢谢

请各位老师批评指正！