

均衡调优法调优对象的选择方法

贾春玉, 赵金实

(长春大学 管理学院, 吉林 长春 130022)

摘要:同顺序 $m \times n$ 排序问题近似最优解法比较多, 如约翰逊—贝尔曼规则的扩展法、关键零件法、Palmer 和 Gupta 优先因子法等。有些方法虽较为简单, 但没有给出适用条件, 影响了优化程度。尤其在某些条件下, 明显不合理, 近似最优解不理想。为了解决这一问题, 提出了近似最优解均衡调优法。均衡调优法虽可提高优化程度, 但被调优的对象不够具体、明确。调优对象的选择方法很好地解决了这一问题, 使均衡调优法更具有实际应用价值。

关键词:同顺序排序; 均衡调优法; 调优对象; 选择方法; 优化程度

中图分类号: F224.5

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2005)07-0059-02

0 前言

同顺序 $m \times n$ 排序问题近似最优解法比较多, 如启发式算法之一约翰逊规则的扩展法^[1,2]、关键零件法^[3]、Palmer^[4]和 Gupta^[5]优先因子法以及分枝定界法等。传统的方法虽为简单, 但存在着一方面是没有给出适用条件, 影响了优化程度。尤其在某些条件下, 明显不合理, 近似最优解不理想。另一方面是对近似最优解没有进行如何改进和调优等深入地探讨, 也影响优化程度。笔者虽然提出了改进和调优的方法, 给出调优原则, 但没有确切指出在何处调优。为此有必要探讨均衡调优法调优对象的选择方法。

1 同顺序 $m \times n$ 排序问题的描述

同顺序排序问题可描述为^[6]: $Fm||g$ 。其中 g 是完工时间的不减函数。设作业集 $Z = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$, 加工中心(设备)集 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$, 第 j 个零件在第 i 个加工中心加工时间为 p_{ij} , 则有 $p_{ij} \geq 0$ 。

目标函数为:

$$\min F_{\max} = \min \{F_{\max}^1, F_{\max}^2, \dots, F_{\max}^n\} \quad (1)$$

其中 F_{\max}^i 为第 i 个方案的最大流程时间。

此类问题也可用网络图来描述^[7]: 设第 ij

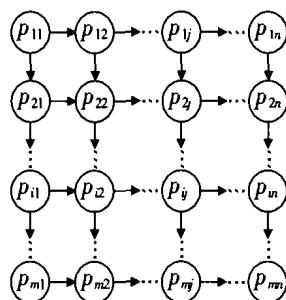
节点的最早完工时间为 T_{EF}^i ; 第 1 节点的最早完工时间为 T_{EF}^1 ; 最后第 $m \times n$ 节点的最早完工时间为 T_{EF}^m , 则数学模型为(参见附图):

$$\min T = \min(T_{EF}^m) \quad (2)$$

$$T_{EF}^i - T_{EF}^{i-1} \geq 0 \quad (3)$$

$$T_{EF}^i = \max \{T_{EF}^{i-1} + p_{ij}, T_{EF}^{i-1} + p_{ij}\} \quad (4)$$

$$\text{这里: } \min T = \min(T_{EF}^m) = \min F_{\max} \quad (5)$$



附图 同顺序 $m \times n$ 排序网络图

2 均衡调优原理简介

均衡是指行与加工时间的大小均匀分散。除靠近 4 个角外, 大小不过于集中。工程的工期主要受这两个时间的制约。一是关键零件的加工时间的长短, 另一个是关键加工中心加工时间的长短。因为他们至少在多数情况下是关键线路的一部分。

虽然线路条数众多, 但通过关键零件的线路只有一条; 通过关键加工中心的线路也

只有一条。因此最小最大流程时间有如下不等式^[7,8]:

$$F = \min F_{\max} \geq \max \{F_J, F_P\} \quad (6)$$

$$F_J = \sum_{i=1}^m p_{iu} + \min \sum \{(p_{ij}; p_m) | j \neq u\} \quad (7)$$

$$F_P = \sum_{j=1}^n p_{jk} + \min \left\{ \left(\sum_{i=1}^m p_{ik} + \sum_{i=k+1}^m p_{ik} \right) / s \neq q \right\} \quad (8)$$

其中: $\sum_{i=1}^m p_{iu} = \max \left\{ \sum_{i=1}^m p_{ij} \right\}$, u 为关键零件所在的列数; $\sum_{j=1}^n p_{jk} = \max \left\{ \sum_{j=1}^n p_{ij} \right\}$, k 为关键加工中心所在的行数。

则目标函数为:

$$Z = \min \{ (F - \max \{F_J, F_P\}) \} \quad (9)$$

$Z=0$ 时不用调优, $Z \neq 0$ 时, 若是不可避免的(例如在例 2 中, 若 J 的 $p_{12}=5$, 则 $Z=1$, 此时 $F=55$ 仍是最优解), 则得最优解, 无需调优。否则不是最优解, 就有调优的余地。

当 $\max \{F_J, F_P\} = F_J$ 说明关键线路的长度主要受关键零件的影响。因此, 重点看列。看关键零件紧前和紧后非关键零件局部之 $\sum p_{iu}$ 是否大于关键零件的局部之和 $\sum p_{iu}$ 。大于的通常是调优的对象。类似的, 当 $\max \{F_J, F_P\} = F_P$ 说明关键线路的长度主要受关键加工中心的影响。此时, 重点看行。看关键加工中心的

上一行和下一行非关键加工中心的局部之和 $\sum p_{ij}$ 是否大于关键加工中心的局部之和 $\sum p_{kj}$ (单项是 $\sum p_{kj}$ 的特例,也是如此)。大于的通常是调优的对象。均衡调优原理是从列上看,除靠近4个角外,列局部之和较大或较小的不要过于集中(尤其在关键零件附近);从行上看,行局部之和较大或较小的不要过于集中(尤其在关键加工中心附近)。即均匀分散。

3 调优对象的选择方法

上述方法虽然可行,但还不够具体和简化。为了更切实可行、简单明了本文提出了角标通路法。

关键线路是最长的线路,关键线路是由关键工序组成,关键工序是由到一结点(工序)的两个工序中最大(max)的工序所组成。在给定的方案中最大流程时间 F 可用简捷的公式(4)逐结点计算,也可用传统复杂繁琐的甘特图法进行。每个结点计算时,到这个结点的工序也就确定了。结点计算可用公式法和表号法,手工计算用表号法比较好。表号法可在方案加工时间表或称加工时间矩阵上用角标进行。上角标代表到该结点关键工序是行工序,既由行决定该结点的标号。在该结点辅助再画一条竖线。下角标代表到该结点关键工序是列工序,既由列决定该结点的标号。在该结点辅助再画一条竖线。这样就可以获得至少一条由始点到终点由关键工序组成的通路,即关键线路。关键线路没经过关键加工中心(当 $\max(F_j, F_p)=F_p$)、关键零件(当 $\max(F_j, F_p)=F_j$)处即为调优对象。

4 实例

例1:有6个零件均需经过3个设备加工(参见表4)。表中上角标由行决定该结点 T_{ij}^n ,即横线;下角标由列决定该结点 T_{ij}^n ,即竖线;[]括号中的数字代表 T_{ij}^n 。 P_i 代表设备, J_i 代表零件, A_j 代表安排步骤。表1为随机安排加工顺序, $T_{\text{总}}^n$ 为84小时。表2为按原“关工法”确定的加工顺序; $T_{\text{总}}^n$ 为57小时;因和三列有由竖线开始到终点的通路,所以应调整第三列的 J_3, J_4 与 J_5 顺序对调得调优后的两个方案之一(参见表3)。此时 $T_{\text{总}}^n$ 为54小时。因 $Z=0$,所以54小时即为最优解。

例2:有8个零件均需经过3个设备加工(参见表4)。表4为随机安排的加工顺序,

表1 任务表 单位:小时

	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	a_k
P_1	16 ¹⁶	6 ²²	4 ²⁶	5 ³¹	7 ³⁸	1 ³⁹	39
P_2	8 ²⁴	9 ³³	15 ⁴⁸	12 ⁶⁰	1 ⁶¹	6 ⁶⁷	51
P_3	6 ³⁰	2 ³⁵	5 ⁵³	7 ⁶⁷	8 ⁷⁵	9 ⁸⁴	37
b_u	30	16	24	24	16	16	[84]

表2 运算过程表 单位:小时

	J_6	J_3	J_4	J_5	J_1	J_2
P_1	1 ¹	4 ⁵	5 ¹⁰	7 ¹⁷	16 ³³	6 ³⁹
P_2	6 ⁷	15 ²²	12 ³⁴	1 ³⁵	8 ⁴³	9 ⁵²
P_3	9 ¹⁶	5 ²⁷	7 ⁴¹	8 ⁴⁹	6 ⁵⁵	2 ⁵⁷

表3 运算过程表 单位:小时

	J_6	J_3	J_5	J_4	J_1	J_2
P_1	1 ¹	4 ⁵	7 ¹²	5 ¹⁷	16 ³³	6 ³⁹
P_2	6 ⁷	15 ²²	1 ²³	12 ³⁵	8 ⁴³	9 ⁵²
P_3	9 ¹⁶	5 ²⁷	8 ³⁵	7 ⁴²	6 ⁴⁹	2 ⁵⁴

$T_{\text{总}}^n$ 为89小时。表5为按某种排序规则安排的顺序, $T_{\text{总}}^n$ 为82小时。因第5列有由竖线开始到终点的通路,所以应调整第5列的 J_5, J_6 与 J_8 顺序对调(参见表6)。此时 $T_{\text{总}}^n$ 为77小时。因 $Z=0$,所以77小时为最优方案。

例3:8个零件按“改进后关键零件法”排序,流程为87小时(见表7)。一方面是因 J_4, J_6, J_5 中的12、18、15即第二行较大的数据过于集中,另一方面,因第7列有由竖线开始

表4 任务表 单位:小时

	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	a_i
P_1	7	2	1	4	6	10	9	16	55
P_2	2	13	3	12	15	4	6	18	73
P_3	5	6	8	7	4	12	3	9	54
b_j	14	21	12	23	25	26	18	43	[89]

表5 运算过程表 单位:小时

	J_3	J_2	J_4	J_1	J_6	J_8	J_5	J_7
P_1	1 ¹	2 ³	4 ⁷	7 ¹⁴	10 ²⁴	16 ⁴⁰	6 ⁴⁶	9 ⁵⁵
P_2	3 ⁴	13 ¹⁷	12 ²⁹	2 ³¹	4 ³⁵	18 ⁵⁸	15 ⁷³	6 ⁷⁹
P_3	8 ¹²	6 ²³	7 ³⁶	5 ⁴¹	12 ⁵³	9 ⁶⁷	4 ⁷⁷	3 ⁸²
A_j	1	3	5	7	8	6	4	2

表6 运算过程表 单位:小时

	J_3	J_2	J_4	J_1	J_8	J_6	J_5	J_7
P_1	1 ¹	2 ³	4 ⁷	7 ¹⁴	16 ³⁰	10 ⁴⁰	6 ⁴⁶	9 ⁵⁵
P_2	3 ⁴	13 ¹⁷	12 ²⁹	2 ³¹	18 ⁴⁹	4 ⁵³	15 ⁶⁸	6 ⁷⁴
P_3	8 ¹²	6 ²³	7 ³⁶	5 ⁴¹	9 ⁵⁸	12 ⁷⁰	4 ⁷⁴	3 ⁷⁷

到终点的通路,所以应调整第7列的 J_5 , 经 J_5 与 J_6 顺序对调调优后得最优解(因为有经过关键加工中心的关键线路,见表8),流程80小时。因 $Z=0$,所以80小时为最优方案。

表7 任务安排表 单位:小时

	J_3	J_2	J_1	J_4	J_8	J_5	J_6	J_7
P_1	1 ¹	2 ³	7 ¹⁰	4 ¹⁴	16 ³⁰	6 ³⁶	10 ⁴⁶	9 ⁵⁵
P_2	3 ⁴	13 ¹⁷	2 ¹⁹	12 ³¹	18 ⁴⁹	15 ⁶⁴	4 ⁴⁸	6 ⁷⁴
P_3	8 ¹²	6 ²³	5 ³⁸	7 ³⁸	9 ⁵⁸	4 ⁶⁸	12 ⁸⁰	3 ⁸³
P_4	6 ¹⁸	5 ²⁸	9 ³⁷	2 ⁴⁰	7 ⁶⁵	3 ⁷¹	4 ⁸⁴	3 ⁸⁷

表8 任务安排表 单位:小时

	J_3	J_2	J_1	J_4	J_8	J_6	J_5	J_7
P_1	1 ¹	2 ³	7 ¹⁰	4 ¹⁴	16 ³⁰	10 ⁴⁰	6 ⁴⁶	9 ⁵⁵
P_2	3 ⁴	13 ¹⁷	2 ¹⁹	12 ³¹	18 ⁴⁹	4 ⁵³	15 ⁶⁸	6 ⁷⁴
P_3	8 ¹²	6 ²³	5 ²⁸	7 ³⁸	9 ⁵⁸	12 ⁷⁰	4 ⁷⁴	3 ⁷⁷
P_4	6 ¹⁸	5 ²⁸	9 ³⁷	2 ⁴⁰	7 ⁶⁵	4 ⁷⁴	3 ⁷⁷	3 ⁸⁰

5 结论

原均衡调优法调优对象的选择是根据均衡原理进行的,不均衡的地方极可能为被调优的对象。还有一定程度的含混和不确定性。何谓过于集中没有给出具体的标准,有时还需判断和试验。角标通路法被调优的对象更加确切、具体。详细指出某一列应进行调优。该方法与原均衡调优法同样可以较快地得出更满意的近似最优解,有时甚至是最优解。即使不是最优解经过调优后方案的优化程度也明显提高。

参考文献:

- [1] Johnson S M. Optimal Two-and Three-Stage Production Schedule with setup time included[J]. Naval Res. Logist. Quarter. 1, 1954, 61-68.
- [2] Jay Heizer, Barry Render. Operations Management [M]. 北京:清华大学出版社, 2001. 613-680.
- [3] 马天超. 机械工业企业生产管理[M]. 北京:机械工业出版社, 1986-8-45.
- [4] D.S. Palmer. Sequencing Jobs Through a Multi-Stage Process in the Minimum Total Time-A Quick Method of obtaining a Near Optimal[J]. Operation Research Quart, 1965, (16): 101-107.
- [5] J.N.D. Gupta. Heuristic Algorithms for the Exact Solution of the Three-Machine Scheduling Problem[J]. Management Science, 1972, (16): 11-18.
- [6] 唐恒永, 赵传立. 排序引论[M]. 北京:科学出版社, 2002. 12-48. (责任编辑:董小玉)