

文章编号:1000-582X(2010)03-049-07

多任务外协加工资源优化配置模型及遗传算法求解

尹 胜,尹 超,刘 飞,沈 超

(重庆大学 机械传动国家重点实验室 重庆 400044)

摘 要:针对外协加工资源优化配置过程中的多任务性、多目标性和环境多变性等特点,采用线性加权法建立了以外协加工时间(T)、外协加工成本(C)和外协加工质量(Q)为目标的多任务外协加工资源优化配置模型,并给出了基于遗传算法的求解过程。最后,以一个应用实例验证了该优化配置模型及求解方法的有效性与实用性。

关键词:外协;资源配置;模型;遗传算法;优化

中图分类号:F406;TP39

文献标识码:A

Optimal allocation model and its genetic algorithms of outsourcing production resources in multi-task

YIN Sheng, YIN Chao, LIU Fei, SHEN Chao

(State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China)

Abstract: According to the characteristics of the outsourcing production such as multi-task, dynamic environment, and multi-objectives etc, an optimal allocation model of outsourcing in multi-task is established by the linear weighted method. Outsourcing production time, outsourcing production cost and outsourcing production quality are set as its target functions. Then, genetic algorithm for solving this model is also investigated. Finally, a case study is employed for the effectiveness and the validity.

Key words: outsourcing; resource allocation; model; genetic algorithms; optimization

现代制造企业专业化分工越来越细,越来越多的制造企业充分集成和利用外部优秀的制造资源,将内部的某些生产制造活动交给更专业的外协加工资源来完成,从而专注于自身核心业务、提高综合运营效率,快速、高质和低成本地生产市场所需的产品^[1-4]。随着外协加工模式的发展,外协加工活动已日益成为制造企业生产过程中最重要的内容之一。但是企业往往面临的可选择外协加工资源众多,各外协加工资源间的加工能力、加工成本、运输时间和运输成本等又不尽相同,另外,在多生产任务的生产模式下,每个生产任务外协时在交货期、成本和质量等方面的要求各有差异,如何选择及优化配置外协

加工资源,使得包含外协加工时间(T)、外协加工成本(C)和外协加工质量(Q)等因素在内的多任务综合效益最大化,已成为广大制造企业外协加工迫切需要解决的问题之一。

当前,国内外许多专家学者对制造企业外协加工资源优化配置进行了大量的研究,并取得了许多有价值的成果^[5-12]。如:土耳其的 Araz 等提出了一种基于模糊目标规划法(FGP)的多目标外协商选择方法,用来解决企业外协商的选择和外协任务的分配问题^[5];韩国的 Yang 等在综合考虑了影响业务流程外包(BPO)决策关键因素的基础上,运用层次分析法(AHP)构建了一种 BPO 合作伙伴选择决策模型^[6];

收稿日期:2009-10-11

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50775228);国家 863/CIMS 主题项目(2007AA040701)

作者简介:尹胜(1976-),男,重庆大学博士研究生,主要从事网络化制造方面的研究。

尹超(联系人),男,重庆大学教授,(Tel)023-65112255;(E-mail)yich@cqmi.cn。

巴西的 Almeida 等建立了一种基于效用函数的多标准外协伙伴选择决策模型,并在此基础上提出一种名为 ELECTRE 的外协商选择方法^[7];台湾 Cheng 等提出了一种基于移动智能体的外协商选择和订单跟踪方法^[8];厦门大学侯亮教授等在分析了互换共享、混合、总线以及组合等模块化模式对外协活动影响的基础上,分析了模块层次规模与供应商资源规划及外协规划决策之间的关系^[9]等等。

现有的研究在很大程度上为企业外协加工资源优化配置提供了有力支持。笔者借鉴以上研究成果,针对多生产任务、多目标的外协加工资源优化配置问题,建立以外协加工时间(T)、外协加工成本(C)和外协加工质量(Q)为目标的多任务外协加工资源优化配置模型,并利用遗传算法对该模型进行了求解。计算实例表明了该配置模型及其求解过程的可行性和有效性。

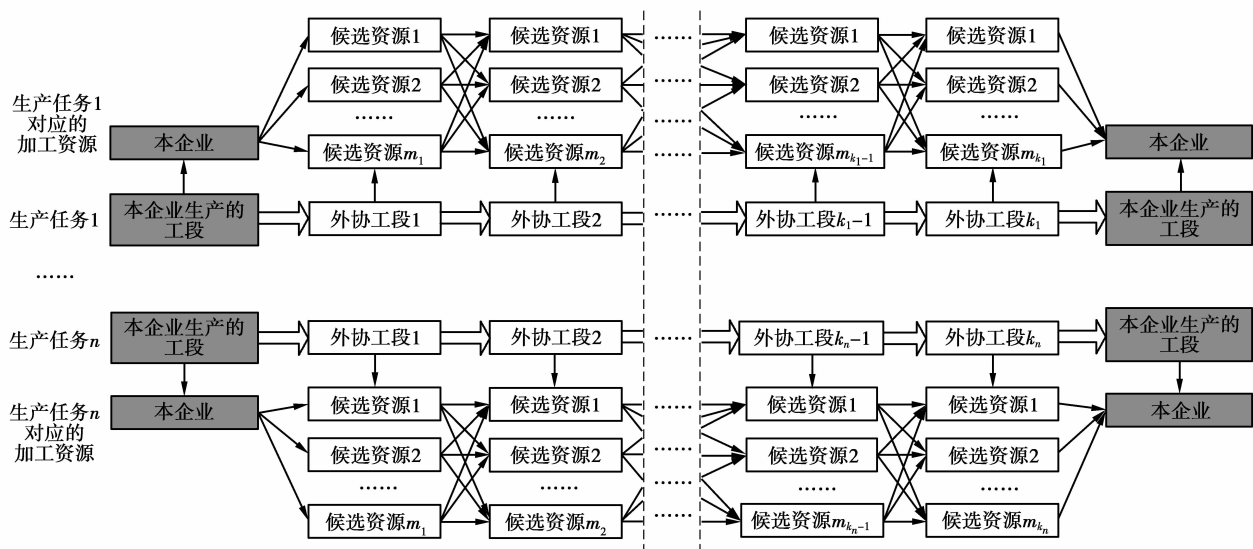


图 1 多任务外协加工资源优化配置问题示意图

下面是针对多任务外协加工资源优化配置模型的假设:

1) 针对每个生产任务的某个外协工段,在某个外协加工资源的加工时间和加工成本是确定的,其中生产准备时间计算在加工时间之内。

2) 每个外协工段所加工的外协件在外协加工资源间的运输时间和运输成本是确定的。

3) 不同生产任务的外协工段的加工没有先后约束。

4) 一个外协工段同一时刻只能加工一个生产任务的外协件。若一个外协资源能同时承接多个生产任务的外协加工,则可将其划分为多个外协工段单元。

5) 在零时刻,所有的生产任务都有要进行外协加工的需求。

1 问题的描述

多任务外协加工资源优化配置解决的问题可描述为:企业同时存在多个生产任务外协加工的需求,其中每个生产任务需要多个外协工段,每个外协工段有多个外协加工资源可供选择,每个外协加工资源可以承担多个生产任务的外协加工,因此生产任务的外协工段和候选外协加工资源存在着多对多关系。对于不同候选外协加工资源,由于制造资源、加工能力和外协加工资源位置等不同,其外协加工时间、成本、质量以及外协加工资源间运输时间、运输成本等也存在差异。因此,为使包含外协加工时间(T)、外协加工成本(C)和外协加工质量(Q)等因素在内的总体效益最优化,就必须为多个生产任务的多个外协工段配置最合理的外协加工资源。多任务外协加工资源优化配置问题示意图如图 1 所示。

2 多任务外协加工资源优化配置模型

2.1 目标函数

在进行外协加工资源优化配置时,首先应确定其优化目标。企业在具体选择外协商进行外协加工时,追求的主要目标可归纳为:外协时间(T)、外协质量(Q)和外协成本(C)等三大主要因素。笔者按照这 3 个目标建立了如下目标函数。

2.1.1 外协加工时间目标函数

在外协加工过程中,如果某个生产任务的某个外协工段的所有外协件全部加工完成,再运输到紧后外协工段对应的外协加工资源,会造成外协加工资源等待时间过长。如果采用多次运输策略,加工

完部分外协件后就运输到下一个外协加工资源去加工,则可使紧后的外协工段提前加工。为了减少外协加工时间,每个生产任务的外协件应连续不断地加工,因此需要确定紧后外协工段的开始加工时刻。笔者参考文献[13],建立了式(1)所示的紧后外协工段的开始加工时刻计算公式

$$\left. \begin{aligned} t_{i,j+1,k_2,s} = & \\ & \left. \begin{aligned} t_{i,j,k_1,s} + \alpha_i t_{i,j,k_1} + t'_{i,j+1,k_2}, \\ t_{i,j,k_1} \leq t_{i,j+1,k_2}; \\ t_{i,j,k_1,s} + \beta_i (t_{i,j,k_1} - t_{i,j+1,k_2}) + \alpha_i t_{i,j+1,k_2} + t'_{i,j+1,k_2}, \\ t_{i,j,k_1} > t_{i,j+1,k_2}. \end{aligned} \right\} \quad (1) \end{aligned}$$

式中: $t_{i,j,k,s}$ 表示生产任务*i*的外协工段*j*上所有工件在候选外协加工资源*k*处加工的开始时刻; $t_{i,j,k}$ 表示生产任务*i*的外协工段*j*上所有工件在候选外协加工资源*k*加工所需的加工时间; $t'_{i,j,k}$ 表示将生产任务*i*的需要进行外协加工的工段*j*的工件一次运输到候选外协加工资源*k*处所耗费的运输时间; α_i 表示生产任务*i*的工件的最小运输批量; β_i 表示生产任务*i*需要进行外协加工的工件数。

生产任务*i*的外协工段*j*在外协加工资源*k₁*处加工 α_i 个工件所耗费的总时间为

$$T_{i,j,k_1} = \begin{cases} \alpha_i t_{i,j,k_1} + t'_{i,j+1,k_2}, \\ t_{i,j,k_1} \leq t_{i,j+1,k_2}; \\ \beta_i (t_{i,j,k_1} - t_{i,j+1,k_2}) + \alpha_i t_{i,j+1,k_2} + t'_{i,j+1,k_2}, \\ t_{i,j,k_1} > t_{i,j+1,k_2}. \end{cases} \quad (2)$$

因此,其时间目标函数为

$$T = \max_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{r_{ij}} x_{i,j,k} \frac{\beta_i T_{i,j,k}}{\alpha_i} \right) / \max_{i=1}^n (T_{i,max}), \quad (3)$$

式中: n 表示需要外协加工的生产任务数; $T_{i,max}$ 表示生产任务*i*允许的最晚交货时刻; m_i 表示生产任务*i*需要外协加工的外协工段数; r_{ij} 表示生产任务*i*的外协工段*j*所对应的候选外协加工资源数; $x_{i,j,k}$ 表示决策变量,对于生产任务*i*的外协工段*j*,如果选择候选外协加工资源*k*进行外协加工,则该外协加工资源的决策变量为1,否则为0。

2.1.2 外协加工成本目标函数

外协件的制造总成本包括生产成本和外协加工资源间的运输成本。因此,其成本目标函数为

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{r_{ij}} x_{i,j,k} \left(c_{i,j,k} + \frac{\beta_i c'_{i,j,k}}{\alpha_i} \right) / \sum_{i=1}^n C_{i,max}, \quad (4)$$

式中: $C_{i,max}$ 表示生产任务*i*可支付的最高成本; $c_{i,j,k}$ 表示生产任务*i*的外协工段*j*上所有工件在候选外协加工资源*k*处的加工成本; $c'_{i,j,k}$ 表示将生产任务*i*的需要进行外协工段*j*加工的工件运输到候选外协加工资源*k*处的一次运输成本。

2.1.3 外协加工质量目标函数

以工件的废品率来衡量外协加工质量。因此,其废品率目标函数为

$$Q = \sum_{i=1}^n (q'_i (1 - \prod_{j=1}^{m_i} (\sum_{k=1}^{r_{ij}} x_{i,j,k} q_{i,j,k}))) / \sum_{i=1}^n (q'_i (1 - Q_{min})), \quad (5)$$

式中: q'_i 表示生产任务*i*的废品率相对总体废品率的修正系数,与生产任务*i*的工件数量、工件成本以及客户对最终产品质量的满意程度有关; $q_{i,j,k}$ 表示生产任务*i*的外协工段*j*上所有工件在候选外协加工资源*k*处加工后的质量合格率; Q_{min} 表示生产任务*i*要求的最低质量合格率。

2.1.4 总目标函数

在实际中,客户在产品的交货期、价格和质量等方面要求的侧重点不同。多任务外协加工资源优化配置对外协加工时间、外协加工成本和外协加工质量的要求往往也不同,同时各目标往往是相互关联又相互冲突,一个子目标的改善又会引起另一个子目标性能的改变。因此,在多外协加工任务下,企业难以使得外协加工资源配置相对各个目标而言均为最优解。于是笔者根据外协加工的要求给各目标分配相对权重,并以经典加权求和算法将多目标函数转化为单目标函数,即

$$\min F = \omega_t T + \omega_c C + \omega_q Q, \quad (6)$$

式中 ω_t 、 ω_c 、 ω_q 分别代表外协加工时间、外协加工成本和外协加工质量的权重系数,且 $\omega_t + \omega_c + \omega_q = 1$ 。

2.2 约束条件

多任务外协加工资源优化配置模型主要存在决策变量约束、时间约束、成本约束和质量约束。

1)决策变量约束:表现为一个生产任务的一个外协工段所有工件只能分配给一个外协加工资源进行加工。即对 $\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}, j \in \{1, 2, \dots, m_i\}$,有

$$x_{i,j,k} \in \{0, 1\}, \text{ 且 } \sum_{k=1}^{r_{ij}} x_{i,j,k} = 1. \quad (7)$$

2)时间约束:表现为每个生产任务的工件实际交货期不能大于最晚交货期。即对 $\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$,有

$$T_{i,max} - \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{r_{ij}} x_{i,j,k} \frac{\beta_i T_{i,j,k}}{\alpha_i} \geq 0. \quad (8)$$

3)成本约束:表现为每个生产任务的所有工件外协加工成本不能大于可支付的最高成本。即对 $\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$,有

$$C_{i,max} - \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^{r_{ij}} x_{i,j,k} \left(c_{i,j,k} + \frac{\beta_i c'_{i,j,k}}{\alpha_i} \right) \geq 0. \quad (9)$$

4) 质量约束: 表现为每个生产任务所有工件外协加工的实际合格率不能小于最低合格率。即对 $\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$, 有

$$\prod_{j=1}^{m_i} \left(\sum_{k=1}^{r_{ij}} x_{i,j,k} q_{i,j,k} \right) - Q_{\min} \geq 0. \quad (10)$$

3 基于遗传算法的模型求解

遗传算法 (Genetic Algorithm, GA) 是一种具有对函数的性态无要求、并行性很高、搜索效率高以及全局最优解求解能力较好等性能的全局性概率搜索算法^[14-15]。笔者采用遗传算法对多任务外协加工资源优化配置模型进行求解, 其求解具体过程如下。

1) 适应度函数。GA 在进化搜索中基本不利用外部信息, 仅以适应度函数为依据, 利用种群中每个个体的适应度函数值进行搜索。一般而言, 适应度函数由目标函数变换而成。通过公式 (3)、(4) 和 (5), 计算出每代群体中所有个体的 (T, C, Q) , 统计出每代群体中的 (T, C, Q) 的最大值 $(T_{\max}, C_{\max}, Q_{\max})$ 和最小值 $(T_{\min}, C_{\min}, Q_{\min})$ 。经过对 (T, C, Q) 的标准化处理, 定义的适应度函数为

$$f(X) = w_t \frac{T(X) - T_{\min}}{T_{\max}} + w_c \frac{C(X) - C_{\min}}{C_{\max}} + w_q \frac{Q(X) - Q_{\min}}{Q_{\max}}. \quad (11)$$

2) 编码。编码是设计遗传算法的首要 and 关键步骤。遗传算法的编码必须考虑染色体的合法性、可行性、有效性以及对解空间的完全性。笔者根据多任务外协加工资源优化配置问题的特点, 采用整数编码作为遗传编码方案, 具体的编码规则如下:

a. 对需要外协的生产任务进行编码, 依次为 $0, 1, \dots, n-1$ (n 为生产任务数), 染色体第 i 位基因表示第 $i+1$ 个生产任务。

b. 染色体一个基因位对应一个生产任务, 染色体的长度 (基因个数) 与生产任务数相同。

c. 对外协加工资源进行编码, 依次为 $0, 1, \dots, r_{i,j} - 1$, 其中 $r_{i,j}$ 为生产任务 i 的第 j 个外协工段的候选外协加工资源个数。

d. 对一个生产任务的每个外协工段所对应的外协加工资源按外协工段加工的顺序进行编码, 形成某个生产任务外协加工资源配置的一个方案。

e. 染色体的一个基因值对应一个生产任务的一个外协加工资源配置方案。如染色体第 i 位基因的基因值为 2, 表示第 $i+1$ 个生产任务第一个外协工段的工件加工时所对应的外协加工资源为生产任务 $i+1$ 的候选外协加工资源集的第 3 个外协加工资源。

f. 一个染色体对应多任务外协加工资源配置的一个方案, 如染色体 $X(x_0 x_1 x_2 \dots x_i \dots x_{n-1})$ 对应的外协加工资源配置方案为 $F = \{s(0, x_0), s(1, x_1), \dots, s(n-1, x_{n-1})\}$, 其中 $s(i, x_i)$ 为第 $i+1$ 个生产任务的一种配置方案, 同时也为基因 $i+1$ 的值。

3) 种群初始化。

a. 种群规模确定。群体规模与优化函数的性质、维数、复杂程度以及编码精度等有直接的关系。在计算量许可的情况下, 要尽量选择较大规模的群体, 保证群体的多样性及其进化能力, 避免群体早熟现象的发生。假设群体规模为 m , 位串长度为 l , 通常情况下 $1.5l \leq m < 2^{l/2}$, 其中 l 由决策变量数决定。

b. 初始化。为了使产生的初始种群既有随机性又不出现非法染色体, 初始种群产生的方法如下: 为染色体 X 按从左到右的顺序添加基因 $s(i, x_i)$; 根据生产任务 i 的外协加工工艺顺序对每个外协工段从候选外协加工资源编码进行随机选择来添加基因, 直到个体数量达到规定的种群规模为止。

4) 遗传算子的参数设计。每个个体具有一个选择概率, 其大小取决于种群中个体的适应度及其分布。笔者采用轮盘赌法计算个体选择概率, 假设群体规模为 m , 群中第 k 个个体适应度为 f_k ($k=1, 2, \dots, m$), 则第 k 个个体的选择概率 p_s 为

$$p_s = f_k / \sum_{k=1}^m f_k. \quad (12)$$

交叉和变异概率的确定没有标准可以遵循, 对不同的问题可能有不同的选择。通常情况, 交叉概率 $p_c \in [0.40, 0.99]$; 变异概率 $p_m \in [0.005, 0.05]$, 不能大于 0.05, 否则, GA 的进化过程近似于随机搜索行为。

5) 终止条件。采用最大迭代次数作为算法的终止条件。最大迭代次数是遗传操作循环的次数, 次数过小则算法尚未收敛就停止, 不能得到最优解; 但次数过大, 算法已收敛后继续运行, 最优解也不会有较大的改进。

6) 遗传操作。交叉操作采用单点交叉产生新一代个体。对每个个体生成随机数 $r_1 \in [0, 1]$, 如果 $r_1 < p_c$, 则选中该个体, 并随机产生 2 个整数 β_1, β_2 , 并满足:

$$\beta_1, \beta_2 \in [0, \sum_{i=1}^m l_i - 1],$$

式中 l_i 表示第 i 个基因的长度, 交换 2 个个体染色体位于 $[\beta_1, \beta_2]$ 的值, 然后按式 (7)-(10) 修改两端的值, 实例如图 2 所示。

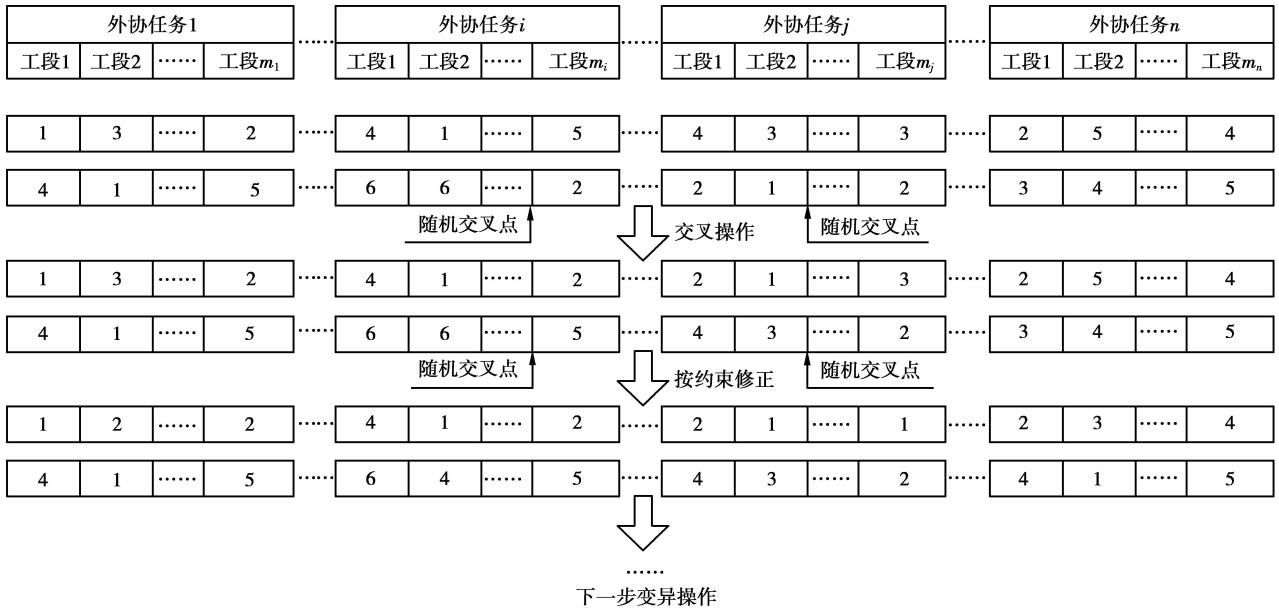


图 2 交叉过程图

变异操作采用单点变异。生成 $m \times n$ 次随机数 $r_2 \in [0, 1]$, 如果对应的候选外协加工资源有效, 且随机数 $r_2 < p_m$, 则该基因变异。最后按式(7)-(10)修改两端的值, 过程类似于交叉操作。算法流程图如图 3 所示。

4 实例分析

重庆市以摩托车超越离合器齿轮为主要产品的某中小规模摩托车零部件制造企业, 其产品的部分加工工段采取外协加工。该企业现有 4 个生产任务需要进行外协加工, 其相关信息见表 1。每个生产任务的各工段所对应的候选外协加工资源集及其相关信息见表 2、3, 根据候选外协加工资源集, 确定最优的配置方法。本实例是在 matlab7.0 的遗传算法工具箱的基础上实现的, 具体采用的遗传参数有: 种群规模为 20, 最大迭代次数为 140, $p_c = 0.85$, $p_m = 0.05$ 。进行优化时, 权重分别为 $w_1 = 0.4$, $w_c = 0.4$, $w_q = 0.2$, 质量修正系数分别为 $q'_1 = q'_2 = 0.2$, $q'_3 = q'_4 = 0.3$ 。采用该遗传算法搜索, 最后获得了最终种群中最小适应度为 0.05(见图 4 所示)。其对应的染色体基因型为 2 2 0 2 1 0 1 1 0 1 0 2。对应的外协加工资源优化配置结果如表 4 所示。

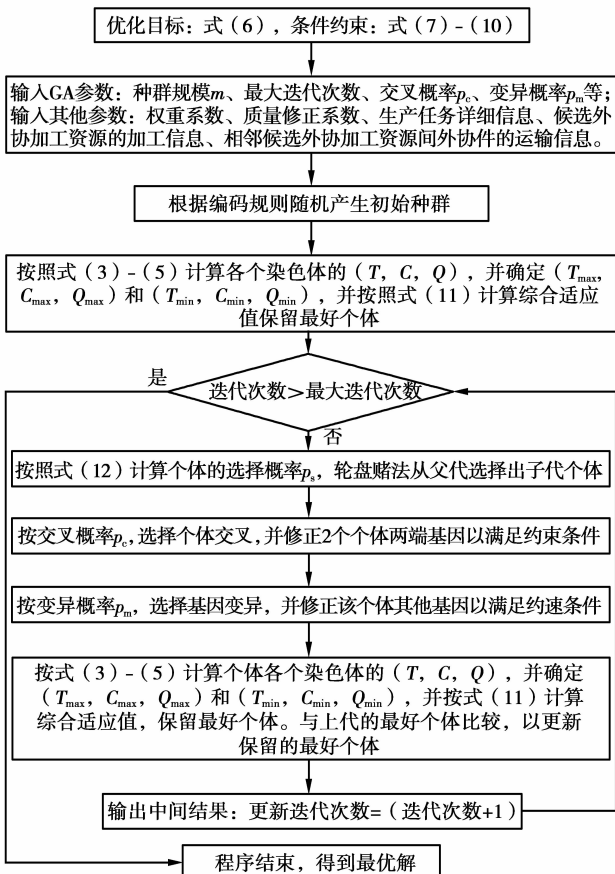


图 3 算法流程图

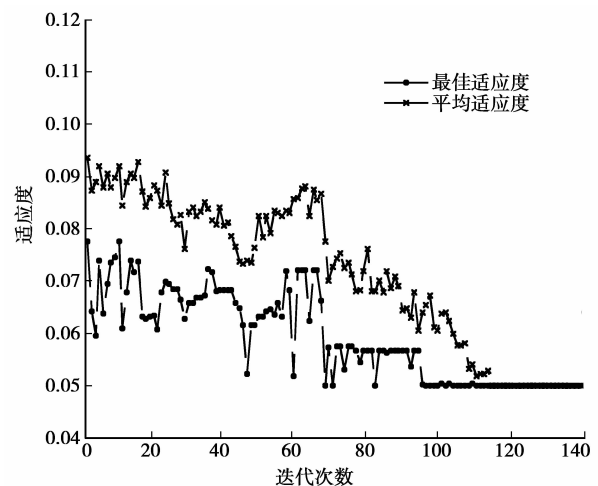


图 4 群体最优适应度仿真结果

表 1 生产任务在外协加工时的详细信息

生产任务	加工数量/个	最晚交货期/h	最大生产成本/元	最小合格率/%	运输批量数/个
CB125 宗申孔齿	9 000	300	2 535	94	3 000
CG175 力帆轴齿	15 000	201	2 520	97	5 000
C100 本田星轮	8 000	258	2 640	94	4 000
CG125 宗申三槽轴套	10 000	270	3 850	93	5 000

表 2 候选外协加工资源在批量加工中所承诺的加工时间 T 、加工成本 C 和加工质量合格率 Q

生产任务	外协工序	外协企业	T/h	$C/元$	$Q/\%$	生产任务	外协工序	外协企业	T/h	$C/元$	$Q/\%$	
CB125 宗申孔齿	锻造	朝阳	18	150	98.5	C100 本田星轮	精车	红恩	38	420	98.0	
		跨越	16	165	98.5			建超	42	400	98.5	
		国豪	19	145	99.0			奇庆	28	395	98.5	
	奇庆	27	295	98.5	热处理			金稳	30	385	98.0	
	热处理	金稳	29	285	98.0			骏成	27	400	98.5	
	骏成	26	300	98.5	朝阳			30	240	98.5		
	CG175 力帆轴齿	精车	红恩	29	300		98.0	锻造	跨越	27	220	98.5
			建超	31	290		98.5	国豪	31	250	99.0	
			奇庆	29	495		98.5	CG125 宗申三槽轴套	精车	红恩	48	525
		金稳	31	485	98.0		建超			53	500	98.5
热处理		骏成	28	500	98.5	拉床	七方		65	480	98.5	
钳工		庆松	20	250	99.0	友诚	60		500	98.0		
C100 本田星轮		拉床	嘉通	22	240	99.5	奇庆	29	495	98.5		
	七方		53	380	98.5	热处理	金稳	31	485	98.0		
		友诚	50	395	98.0	骏成	28	500	98.5			

表 3 相邻候选外协加工企业之间的运输时间 $t'(h)$ 、运输成本 $c'(元)$

外协企业	本厂		朝阳		跨越		国豪		红恩		建超		七方		友诚		奇庆		金稳		骏成		庆松		嘉通	
	t'	c'	t'	c'	t'	c'	t'	c'	t'	c'	t'	c'	t'	c'	t'	c'	t'	c'	t'	c'	t'	c'	t'	c'	t'	c'
本厂	—	—	2.5	12	3	14	4	20	—	—	—	—	3.2	15	4.5	25	5.2	37	6	40	4.7	32	—	—	—	—
朝阳	—	—	—	—	—	—	—	—	6.2	42	5.1	30	—	—	—	—	4.2	23	4	20	5.0	30	—	—	—	—
跨越	—	—	—	—	—	—	—	—	4.9	31	5.6	40	—	—	—	—	3.7	22	3	16	4.5	29	—	—	—	—
国豪	—	—	—	—	—	—	—	—	4.9	30	6.0	42	—	—	—	—	2.5	11	3	15	3.3	18	—	—	—	—
红恩	4.2	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.3	37	4.0	24	4.2	23	4.5	24	3.8	18	—	—	—	—
建超	5.0	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.3	24	6.0	40	3.0	15	3.2	17	3.1	17	—	—	—	—
七方	—	—	—	—	—	—	—	—	5.3	37	4.3	24	—	—	—	—	4.5	24	4.7	33	5.8	39	—	—	—	—
友诚	—	—	—	—	—	—	—	—	4.0	24	6	40	—	—	—	—	4.4	25	6	40	5.1	34	—	—	—	—
奇庆	5.2	37	—	—	—	—	—	—	4.2	23	3	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0	14	4.8	30
金稳	6.0	40	—	—	—	—	—	—	4.5	24	3.2	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.2	24	3.5	18
骏成	4.7	32	—	—	—	—	—	—	3.8	18	3.1	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.2	15	4.5	26
庆松	4.6	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
嘉通	3.8	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表4 多任务外协加工资源最终优化配置结果

生产任务	外协工序	选择的外协加工资源
CB125 宗申孔齿	锻造	国豪
	精车	红恩
	热处理	骏成
CG175 力帆轴齿	热处理	骏成
	钳工	嘉通
	精车	建超
C100 本田星轮	拉床	友诚
	热处理	金稳
	锻造	朝阳
CG125 宗申三槽轴套	精车	建超
	拉床	七方
	热处理	骏成

5 结束语

笔者以外协加工时间(T)、外协加工成本(C)和外协加工质量(Q)为目标建立了一种多任务外协加工资源优化配置模型,设计了模型求解的遗传算法,并采用实例验证了模型及算法的有效性。但网络化外协加工影响因素复杂,除了 T 、 C 、 Q 这3个重要因素外,还有信息交互能力、外协过程技术安全和保密性、外协商知识积累和可持续发展能力等影响因素。因此,还需要进一步研究更系统的优化目标体系,以及基于更多目标的优化配置模型及优化方法。

参考文献:

- [1] JIAN H Y, XU M L. The value of production outsourcing: A real options perspective[C] // 2006 International Conference on Management Science and Engineerin, October 5-7, 2006, Lille, France. [S. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2007:587-590.
- [2] MOL M J, VAN TULDER R J M, BEIJE P R. Antecedents and performance consequences of international outsourcing[J]. International Business Review, 2005, 14(5): 599-617.
- [3] MCCARTHY I, ANAGNOSTOU A. The impact of outsourcing on the transaction costs and boundaries of manufacturing[J]. International Journal of Production Economics, 2004, 88(1): 61-71.
- [4] 余剑峰, 李原, 于海山. 基于自适应蚁群算法的协同制造项目资源优化配置[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(3):576-580.
- YU JIAN-FENG, LI YUAN, YU HAI-SHAN. Resources optimization deployment in collaborative manufacturing project based on adaptive ant colony algorithm [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2008,14(3):576-580.
- [5] ARAZ C, MIZRAK O, OZKARAHAN I. An integrated multicriteria decision-making methodology for outsourcing management [J]. Computers and Operations Research, 2007, 34(12): 3738-3756.
- [6] YANG D H, KIM S, NAM C, et al. Developing a decision model for business process outsourcing [J]. Computers and Operations Research, 2007, 34(12): 3769-3778.
- [7] de ALMEIDA A T. Multicriteria decision model for outsourcing contracts selection based on utility function and ELECTRE method[J]. Computers and Operations Research, 2007, 34(12): 3569-3574.
- [8] CHENG C B, WANG C. Outsourcer selection and order tracking in a supply chain by mobile agents[J]. Computers and Industrial Engineering, 2008, 55(2): 406-422.
- [9] 侯亮, 韩东辉, 林祖胜. 大规模定制模式下的产品外协加工资源配置研究[J]. 机械工程学报, 2006, 42(5): 131-136.
- HOU LIANG, HAN DONG-HUI, LIN ZU-SHENG. Sourcing configuration for product mass customization[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2006, 42(5): 131-136.
- [10] LEE J N, KIM Y G. Understanding outsourcing partnership: a comparison of three theoretical perspectives [J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 2005, 52(1):43-58.
- [11] LEE Y H, JEONG C S, MOON C. Advanced planning and scheduling with outsourcing in manufacturing supply chain [J]. Computers and Industrial Engineering, 2002, 43(1/2):351-374.
- [12] ERNST R, KAMRAD B, ORD K. Delivery performance in vendor selection decisions[J]. European Journal of Operational Research, 2007, 176(1): 534-541.
- [13] 潘全科, 朱剑英. 多工艺路线的批量生产调度优化[J]. 机械工程学报, 2004, 40(4): 36-29.
- PAN QUAN-KE, ZHU JIAN-YING. Optimization method for a job-shop scheduling problem with alternative machines in the batch process[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2004, 40(4): 36-29.
- [14] 肖剑, 但斌, 张旭梅. 供货商选择的双层规划模型及遗传算法求解[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2007, 30(6):155-158.
- XIAO JIAN, DAN BIN, ZHANG XU-MEI. Bi-level programming model and genetic algorithms for the selection of vendors[J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition, 2007, 30(6):155-158.
- [15] 冯国壁, 赵庆祯. 并行遗传法下的农业业务外包伙伴选择[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(1): 219-241.
- FENG GUO-BI, ZHAO QING-ZHEN. Outsourcing partner selection of agricultural products manufacturing based on parallel genetic algorithm [J]. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(1): 219-241.

(编辑 张 葶)