

# 基于遗传算法服装缝纫调度技术的研究

王东云 刘惠琴 胡洛燕 凌德麟

(中原工学院电气工程系, 郑州, 450007)

摘要: 提出用遗传算法来求解服装缝纫流水线的优化调度问题的一种新的方法; 给出了仿真实例, 结果表明此法优于现有的算法, 能求出调度问题的满意解。

关键词: 服装缝纫 流水线 调度 遗传算法 均衡指数

中图法分类号: TS 941.63 文献标识码: A

从零散的衣片到完整的服装, 要经过许多道工序, 如何编排这些工序、布置机台以及调配人员和计划工时, 成了工艺工程师们的重要工作。通常流水线生产的基本要求是: 1) 按工序先后顺序, 合理地把工序分配给每一个工作站; 2) 每个工作站的作业时间要尽量接近平均节拍, 并使流水线上的工作站最少; 3) 各工作站空闲时间要小, 并使工作站之间负荷均匀, 以保证流水线时间损失率最低。因此, 流水线负荷平衡问题实际上是有约束的资源调度问题。

一般服装缝纫流水线的优化调度, 是指在一定数量的工作地条件下, 流水线能获得最大的产量且生产周期最短; 或指能达到一定的日产量, 流水线所设置的工作地数量最少。解决流水线调度问题, 常用方法有杰克逊 (Jackson) 列举法、赫尔杰森 (Helgeson) 和伯尼 (Birmie) 的位置加权法和采用分支界限法求解的方法。文献[1]在分支界限法的基础上, 探讨了服装缝纫流水线优化设计的数学模型和利用微机实现最优设计方法; 文献[2]针对服装生产实际的不同要求、不同条件, 运用线性规划、整数规划、目标规划等数学模型, 建立了四个服装生产线优化模型; 文献[3]运用线性规划方法提出了服装缝纫流水线优化设计的数学模型; 文献[4]运用专家系统的推理方法, 给出相应的模型。

但由于服装缝纫流水线调度问题的 NP 特性, 文献[1~4]所介绍的方法不能求得最优解。本文介绍用遗传算法来求解服装缝纫流水线的优化调度问题的方法, 是一种通用的优化算法, 其编码技术和遗传操作比较简单, 优化不受限制性条件的约束, 有两个最显著特点则是隐含并行性和全局解空间搜索, 因此可以求得问题的满意解。并给出仿真实例, 通过与其他文献的仿真结果比较, 本算法优于其他方法。

## 1 遗传算法求解服装缝纫流水线的调度问题

### 1.1 编码

鉴于调度的特殊性, 编码需要特殊设计, 在这里采用序列编码方式: 按作业元素的先后顺序来分配工作站, 将作业元素排成一列, 每一个作业元素对应一个基因位。排列好顺序的一列对应一个染色体。这种编码方式对目标函数和操作算子的适应性好, 容易移植到其他类型的问题上。图 1 是一种流水线工序流程, 图 2 是经过编码后的一个染色体, 该染色体说明了各个作业元素被分配的先后顺序。

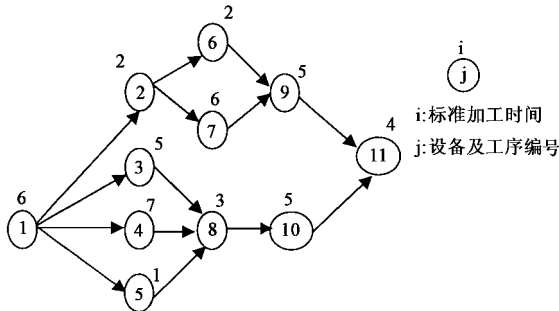


图 1 流水线各工序优先关系图

1	2	6	5	7	3	9	4	8	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

j
---

: 设备及工序编号

图 2 经过编码后的一个染色体

### 1.2 复制

1.2.1 流水线调度的目标函数 所讨论的调度问题, 假设是在一定数量的工作地条件下, 流水线能获得最大的产量且生产周期最短; 并设工作地数量是  $m$ 。服装缝纫流水线的优化调度, 可以采用其流水线的负荷平衡的程度来描述, 可以使用均衡指数  $SI$  (Smoothness Index) 作为评价指标, 流水线的负荷平衡就是最小化均衡指数  $SI$ , 即目标函数为:

$$\min SI = \sqrt{\sum_{k \in m} [\max T((S_k)) - T(S_k)]^2}$$

假定服装缝纫流水线的工作站数  $m$  已知, 流水线总的标准加工时间  $T$  已知。其中,  $S_k$  为流水线上第  $k$  ( $k \in m$ ) 个工作站,  $T(S_k)$  为第  $k$  个工作站的总加工时间, 且  $\sum_{k=1}^m T(S_k) = T$ 。

可以证明: 在给定工作站数和流水线节拍的条件下, 不违反优先关系的约束, 将作业元素从一个时间较多的工作站移至一个时间较少的工作站, 可以优化均衡指数  $SI^{[5]}$ , 此结构是遗传算法设计思路的基础。

1.2.2 适应度评价 在遗传算法中通常采用问题的目标函数作为适应度函数。方法如下: 设种群的个体(染色体)数为  $N$ , 计算每个个体的目标函数:  $f(i) = SI(i), i = 1, 2, \dots, N$ 。适应度函数是求最大值问题, 而本文的目标函数是求最小值问题, 为此, 要把极小值问题转化成极大值问题。根据文献[5], 利用下式的指数函数来建立目标函数与适应度函数的映射关系:  $F(i) = C^{f(i)}, C = 0.618$ , 即  $F(i) = 0.618^{SI(i)}$ , 也就是适应度最大的个体, 其均衡指数最小。

1.2.3 选择 选用轮盘选种法的步骤如下: 1) 对上代群体中所有个体的适应度进行累加得适应度之和  $\sum F$ ; 2) 根据各个体的适应度大小, 将各个体与  $[0, \sum F]$  上的某区域建立对应关系; 3) 在  $[0, \sum F]$  范围内产生一个随机数; 4) 随机数所在的区域对应的个体被选择。显然, 个体的适应度值越大, 在采用轮盘选种法时被选择的几率越大。循环  $N$  次, 直至选满  $N$  个个体为止。

### 1.3 交叉

从选择操作产生的交配库中任取两个染色体 [如图 3(a)], 任意产生在区间  $[1, m]$  的两个不等的整数, 确定交叉点(例如产生数 2, 则交叉点选在第二个基因后)。交叉点上将这每个个体分为三部分。取出第一个染色体的头部和尾部按照原来位置排列, 同时在第二个染色体种, 删除第一个染色体头部和尾部的基因, 剩余的基因按照原来的顺序排列, 依次插入第一个染色体的中部, 重组为一个新的染色体, 即后代。随此得到第二个后代 [如图 3(b)]。

### 1.4 变异

为了保证操作算子的可行性, 文中采用位移变异法, 任意选择一个个体, 任意选择一个基因(作业元素)进行变异。将进行变异的基因插入不违反先

后关系的任意一个位置。例如, 对图中的第二个个体进行变异: 产生一个  $(0, 11)$  均匀分布的数, 取大于等于它的最大整数, 假设  $r = 5$ , 则染色体中第 5 个位置的基因(作业元素 4)被选中, 对它进行变异。寻找作业元素 4 的可行基因位置, 即所有前接元素的后面和所有后继元素的前面(如图 4)。



图 3 交叉点的选择及其产生的后代

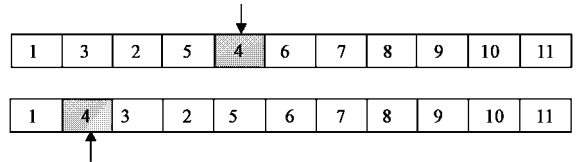


图 4 变异操作示意图

上述的染色体的交叉操作和变异操作的实质就是将作业元素在工作站中进行移植和交换, 在实际算法中, 个体的遗传操作被赋予一定的概率(交叉概率和变异概率); 为了保证个体适应度不断提高, 目标函数不断得到优化, 在每一次的遗传操作之后, 将父代染色体和子代染色体的适应度进行比较, 当子代染色体的适应度高于父代染色体时, 用子代染色体替换父代染色体, 否则, 保留父代染色体。

## 2 仿真结果

现以文献[7]中女长裤的工序流程图为例。根据遗传算法得出仿真为 {1, 5, 2, 6, 3, 7, 18, 4, 8, 19, 20, 9, 11, 21, 12, 22, 10, 10, 23, 13, 24, 14, 15, 16, 17, 29, 25, 26, 27, 28, 30, 31}。其编制结果如表 1 所示。由于 10 号工位为瓶颈工序, 因此由两个工人完成, 编制效率  $\eta = 72.4/81 \times 100\% = 89.38\%$ , 均衡指数  $SI = 40.6202$ 。相比较文献[4]的结果, 其编制效率为 88.3%, 均衡指数为  $SI = 49.1426$ , 可见本调度法优于其他方法。在计算中种群的数量取  $N = 50$ , 交叉概率和变异概率分别为 0.65 和 0.01。

## 3 结束语

提出用遗传算法来求解服装缝纫流水线的优化调度, 在算法中以生产线均衡指数为适应度函数, 以

表 1 编制结果

工位号	工位号	加工时间	时间偏差
1	1,5	72	9
2	2,6	80	1
3	3,7,18	75	6
4	4,8,19,20	74	7
5	9,11,21	75	6
6	10,12,22	79	2
7	10,23	69	12
8	13,24	55	26
9	14,15	70	11
10	16,17,29	81	0
11	25,26	76	5
12	27	60	21
13	28,30,31	75	6

流水线各工序的优先关系生成染色体,按轮盘选种

法进行复制,通过交叉和变异算子进行计算。仿真实例的结果表明:此法优于现有的算法,能求出调度问题的满意解。

### 参 考 文 献

- 1 徐树文等.微型计算机辅助服装缝纫流水线优化设计.中国纺织大学学报,1992(6):43~52.
- 2 胡觉亮等.服装生产流水线的优化运行模型.纺织学报,2001(3):59~60.
- 3 金艳萍.服装生产工艺计算机辅助编排与计划系统的研究与开发.硕士学位论文,2002.
- 4 陈 湛.服装生产与计划过程的计算机动态控制.上海:东华大学图书馆,1998.
- 5 宋华明等.基于遗传算法的装配线负荷平衡.机械设计与制造,2002(4):28~30.