第30卷 第3期
2003年6月
湖南大学学报(自然科学版)
Journal of Hunan University (Natural Sciences)
Vol.30, No.3
Jun. 2003

文章编号:1000-2472(2003)03-0047-03

二维矩形件优化排样算法的改进研究*

龚志辉,黄星梅
(湖南大学 机械与汽车工程学院,湖南 长沙 410082)

摘 要:提出了一种基于遗传算法求解矩形件排样的改进方法,通过比较搜寻待排矩形件宽度与最低水平线长度之间的关系来确定零件的排样,并用程序实现了该算法,结果表明这种改进算法是有效的.

关键词:遗传算法;矩形件;排样

中图分类号:TH140.8　　**文献标识码**: A

二维矩形件的排样问题是指将一系列尺寸大小不等的矩形零件在矩形板材中按最优方式进行排布,要求零件排放在板材内,各个零件互不重叠,并满足一定的工艺要求.二维矩形件的排样是二维不规则零件排样的基础,通过求解零件最小包络矩形的方法进行简化预处理,并且对一些形状互补的零件通过平移、旋转等方法进行简单组合,对组合后的图形再求解最小包络矩形,这样,就可以将二维不规则零件排样转化为矩形件的正交排样,从而大大简化不规则零件排样问题.

从理论上看,该类问题属于具有最高计算复杂性的优化计算问题:NP完全问题,对于这类问题,以目前已成熟的计算理论和算法,或者根本无法求解,或者求解的计算量是爆炸性的.

遗传算法(Genetic Algorithm)由美国学者John. H. Holland在1975年提出来,是一种借鉴生物界自然选择思想和自然遗传机制的全局随机搜索算法. 它把问题的可能解构成种群,把每一个可能的解看作种群的个体. 运行时,算法在整个解空间内随机搜索,按一定的评估策略(或适应度函数)对每一个个体作出评价,不断地使用选择、交叉、变异这3种遗传算子,使问题的解不断进化,直至产生最优解.因为遗传算法在解决大空间、非线性、全局录优等复杂问题时具有独特优越性,现在已经得到了广泛的研究和应用.

1 用遗传算法求解二维不规则零件排样的主要方法

1.1 解的编码方法

用遗传算法求解问题,必须先确定编码方法.不同的编码方法,遗传算子实现的方式也不同.

本文采用了十进制码方式,将每一个矩形进行编号,$i=1,2,\cdots,n$,零件编号构成一个整数串$P=\{p_1,p_2,\cdots,p_n\}$,$1<P_i<n$,表示了一种排样图(一个解). 其中,每一位整数代表一个矩形,并且每一位整数可以有正负之分,正号表示零件不发生旋转,负号表示将零件旋转90°. 这样,一个整数串就是一个个体,每一个体对应一种排样图;m个个体构成一个群体.

1.2 解码方法

由遗传算法产生一个个体的编码后,能否快速地求出其对应的排样图,得到所需板材的尺寸(长度、宽度、占用面积等)是一个关键;同时,只有求得该个体对应的排样图后,才能计算其适应度值,并对该个体进行评价.

文献[3]中研究了矩形件正交排样的遗传算法求解,其基本思想是将个体的编码视作一个排列,通过BL(Bottom Left)算法将编码转化为相应的排样图. 文献[4]对BL算法做了改进,提出"下台阶"算法. 文献[5]的作者通过研究,发现BL算法无法对某些问题求解出最优解,且容易出现左侧偏高的现象,而"下台阶"算法则容易出现右侧偏高的现象,因此,在前两种算法的基础上,在文献[5]中

* 收稿日期:2003-05-01
作者简介:龚志辉(1974-),男,湖南益阳人,湖南大学硕士研究生.

提出了"最低水平线法"算法,具体如下:

Step 1 设置初始最高轮廓线为板材最下面的边.

Step 2 每当要排入一个零件 Pi 就在最高轮廓线上集中选取最低的一段水平线,如有数段,则选取最左边的一段,测试该线段的宽度是否大于或等于要排入零件的宽度:

(a)如果该线段的宽度大于要排入零件的宽度,则将该零件在此位置排放,更新零件最高轮廓线;

(b)否则,查询与最低水平线段相邻的左、右两段水平线,将最低水平线提升至与高度较低的一段平齐,更新零件最高轮廓线.

重复 Step2,直至能排入该零件.

重复上述过程,直至所有零件排放完毕.

1.3 适应度函数

遗传算法对一个解的好坏用适应度函数评价,适应度越大,解的质量越好,文献[5]采用如下的适应度函数:$f(p)=\text{Area}/\text{Area0}$,其中 Area 是排入矩形总的面积,Area0 是排样图高度轮廓线以下的板材面积. 这样,适应度值最高为 1.

本文在文献[5]的解码方法和适应度函数基础上提出了一种改进方法,具体如下:

在文献[5]的 Step 2 (b)中,如果最低水平线段的长度小于零件宽度,则在个体中从该零件位置起向后搜索一个可以放下的零件,同时互换这两个零件的位置. 即:对于 $P=\{p_1,p_2,\cdots,p_i,\cdots,p_j,\cdots,p_n\}$,$1<p_i<p_j<n$,如果 p_i 的宽度大于最低水平线的长度,则在 $\{p_{i+1},\cdots,p_j,\cdots,p_n\}$ 中搜索,如果 p_j 的高度小于最低水平线的长度,则将 p_j 排入. 同时,$P=\{p_1,p_2,\cdots,p_i,\cdots,p_j,\cdots,p_n\}$ 更新为 $P=\{p_1,p_2,\cdots,p_j,\cdots,p_i,\cdots,p_n\}$. 如果没有搜索到则将最低水平线提升至与其相邻且高度较低的一段平齐,更新零件最高轮廓线.

文献[5]从余料再利用的角度出发,认为如果适应度函数以排样图最大高度的倒数(或最大高度)作为衡量标准时,可能会出现下疏上紧的现象,从而不利于余料的再利用. 但对于有狭长零件存在时(如图 1(b)中的 A_3),此适应度函数同样可能会使余料的再利用率降低. 如图 1(a)所示,A_1 表示已排完部分,A_2 表示最低水平线,A_3 表示最后待排入零件. 按照文献[5]所采用的适应度函数所得的排样图为图 1(b),用排样图最大高度作为适应度函数时所得的排样图为图 1(c),很显然,从余料再利用的角度来看图 1(c)要优于图 1(b). 故本文采用如下适应度函数:$f(p)=\text{Area}/\text{Area0}$,Area 是排入矩形总的面积,Area0 是排样图最大高度以下的面积,同样,适应度值最高为 1.

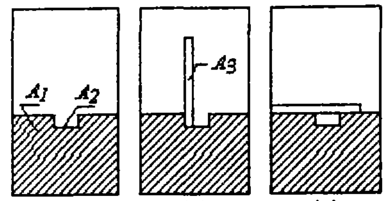

图 1 最后排入狭长零件

2 遗传算法求解过程

2.1 初始种群

给定 n 个零件,随机产生由 m 个编码构成的初始种群,用本文改进后的"最低水平线法"计算每一个体的适应度.

2.2 遗传算子

1)交叉算子

将父辈群体中的个体随机两两配对,进行交叉操作,产生 m 个个体构成子辈群体. 本文采用了两种交叉算子:单点交叉和双点交叉.

设两个进行交叉的个体为 $P=\{p_1,p_2,p_3,\cdots,p_n\}$,$Q=\{q_1,q_2,q_3,\cdots,q_n\}$,单点交叉是在 $1\sim n$ 范围内随机生成一个交叉位 b_1,从 P 中将位于 b_1 之前的元素拷贝至子辈个体 newindividual1 中作为前面的元素,剩余元素按 Q 中出现的先后顺序拷贝至 newindividual1;同样的方法可以产生另一新个体 newindividual2. 双点交叉是在 $1\sim n$ 范围内随机生成两个交叉位 b_1,b_2,从 P 中将位于 b_1,b_2 之间的元素拷贝至子辈个体 newindividual1 中作为前面的元素,剩余元素按 Q 中出现的先后顺序拷贝至 newindividual1,从而得到新个体 newindividual1;同样的方法可以产生另一新个体 newindividual2.

2)变异算子

对进行了交叉操作的子辈个体,采用两种变异算子进行变异. 第一种是旋转变异,随机产生一个旋转位 bit,以概率 P_{m1} 对子辈个体中位于 bit 之后矩形进行旋转;第二种是位置变异,以较小的概率 P_{m2},在 $1\sim n$ 范围随机产生两个整数 bit1,bit2,对子辈的个体中位于 bit1,bit2 的两个零件对调.

3)选择算子

用"最低水平线法"求解变异后的 m 个子辈个体的适应度. 将父辈个体与子辈个体的适应函数值

由大到小排序,取排在前面的 m 个个体作为下一代的父辈个体.

2.3 终止准则

重复执行第2.2节中的1),2),3),直到最好的解的适应度值达到要求或满足预定的进化代数,则停止计算,输出最优解.

3 算例分析

本文用C++ Builder5编制了两个程序,分别实现了文献[5]的算法及本文改进的算法(为了便于结果的比较,都选用了文献[5]的适应度函数).在程序测试时,设定母材尺寸为400×500,切缝宽度为2,群体规模 $m=5$,进化代数为20代,测试次数为20次,被测矩形件参数如表1.

表1 矩形件参数

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
长	25	18	79	121	29	64	36	48	11	46	55	87	39	31	41	78	19	63	10	50
宽	36	24	84	30	48	98	21	59	17	121	22	41	72	25	65	24	11	36	30	61
个数	4	5	3	4	11	2	2	3	2	2	1	2	2	2	2	3	2	2	3	2

按文献[5]的算法进行20次测试所得适应度平均值为0.783 5,图2为其中计算出的一个排样图.根据本文算法进行20次测试所得适应度平均值为0.852 3,图3为其中计算出的一个排样图.

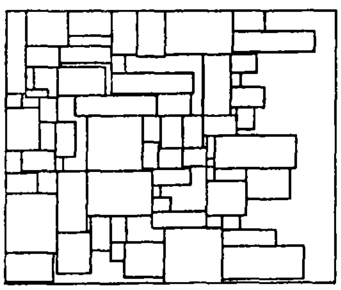

图2 进化20代时文献[5]的排样图

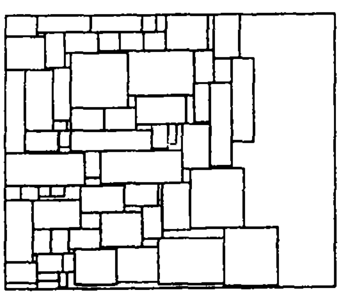

图3 进化20代时本文的排样图

4 结 论

本文讨论了二维矩形件排样问题的遗传算法求解,对解码方法及适应度函数进行了改进,在此改进算法基础上,用程序实现了二维矩形件的自动排样,通过比较这两种算法所得适应度平均值及排样图可以看出本文改进后的算法更有效.

参考文献

[1] Borland/Inprise公司.C++Builder 5开发人员指南[M].梁志刚,江浩译.北京:机械工业出版社,2000.

[2] 王正志,薄涛.进化计算[M].长沙.国防科技大学出版社,2000.

[3] Jokobs S. On genetic algorithms for the packing of polygons [J]. Eur J of er Res,1996,88:165-181.

[4] 刘德全,滕弘飞.矩形件排样问题的遗传算法求解[J].小型微型计算机系统,1998,19(12):20-25.

[5] 贾志欣,殷国富,罗阳.二维不规则零件排样问题的遗传算法求解[J].计算机辅助设计与图形学学报,2002,12(5):467-470.