

# Research on Rectangular Packing Optimization Based on Genetic Ant Colony Algorithm

Jie Liu, Nanbo Liu

Henan University of Technology, Zhengzhou Henan  
Email: eagle20111@126.com

Received: Jun. 18<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jul. 9<sup>th</sup>, 2017; published: Jul. 12<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

In recent years, enterprises have been seeking ways to improve their efficiency. In this paper, a genetic ant colony algorithm is proposed to solve the sample problem of rectangular parts. The results show that compared with single genetic algorithm and ant colony algorithm, this method can wait for better layout effect and greatly improve the economic efficiency and competitiveness of enterprises.

## Keywords

Rectangular, Genetic Ant Colony Algorithm

---

## 基于遗传蚁群算法的矩形件排样问题研究

刘 杰, 刘楠

河南工业大学, 河南 郑州  
Email: eagle20111@126.com

收稿日期: 2017年6月18日; 录用日期: 2017年7月9日; 发布日期: 2017年7月12日

---

## 摘 要

近几年, 企业竞争压力不断加大, 企业都在寻求办法来提高自身效益, 提高竞争力。本文提出一种基于遗传蚁群算法来求解矩形零件排样问题的方法。事实证明, 该方法与单一遗传算法和蚁群算法相比, 可以得到更好地排样效果, 大大地提高企业的经济效益和竞争能力。

## 关键词

矩形排样, 遗传蚁群算法

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着市场竞争加剧, 企业都在进行资源优化配置, 以提高资源的利用率。排样问题是通过将一系列形状各异、大小不同的零件进行有效合理地组合优化, 各个零件之间不能重叠, 使得零件所占原材料面积最大, 并应满足当前的加工工艺要求。而排样下料应用于各行各业, 比如船舶制造、皮革剪裁、家具切割等各方面。合理有效地排样不仅能提高材料利用率, 节约成本, 还可以简化后续加工工艺过程, 提高企业的经济效益。所以研究优化排样问题有着非常重要的理论意义和工程应用价值。

排样问题属于 NP 完全问题, 以目前的理论和方法不能得到问题的最优解, 只能得到其局部最优近似解。对算法的研究是目前提高排样材料利用率的最为广泛考虑的问题, 启发式算法在排样问题上比较常用, 比如经典的启发式算法有 BL 算法[1]和 BLF 算法[2]; 陈洁琼, 樊留群[3]等针对分管制造的排样问题, 采用改进的遗传算法进行求解; 杨卫波, 王万良[4]等利用改进的自适应遗传模拟退火算法来解决矩形排样问题, 结果行之有效; 马康, 高尚[5]针对矩形排样问题, 采用改进的最低水平线搜索算法解决问题, 通过实验证明该算法的有效性。本文主要是采用遗传算法和蚁群算法相结合的遗传蚁群算法来研究二维矩形排样问题。

## 2. 二维排样(板材、玻璃等下料)问题简述

二维排样问题就是将若干各种形状不一的零件合理有效地放置在板材内部, 使得各零件之间不得重叠交叉, 并且零件要完全在板材的区域之内, 同时使得排样后的零件总面积占原材料面积的达到最大值, 即使得材料利用率最大, 也就是使得产生的残余废料(通常我们称为“切割损耗”(Trim Loss)最少)。

因在实际生产中, 而二维排样应用性比较广泛, 主要应用于板材切割(服装布料裁剪, 玻璃切割等)、二维图形填充问题(单层货物堆放, 汽车的停放、电路版布局等等)应用。所以我们在本课题中主要研究二维排样问题。

### 二维排样问题的代数法描述

设有一个原材料的面积为  $S$ , 我们需要切割下  $K$  种零件的面积分别为  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, K$ ), 以及所需要的  $K$  种零件的个数分别为  $k_1, k_2, k_3, \dots, k_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, K$ ), 可以切割的数量分别为  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_i$ , 已知原材料面积为  $S$ , 目标就是要使得产生的残余废料最少, 可以建立如下数学模型:

目标函数:

$$\max P = \sum_{i=1}^k s_i k_i \quad (2-1)$$

约束条件:

$$\sum_{i=1}^k s_i k_i \leq S \quad (2-2)$$

$$0 \leq a_i \leq b_i \quad (2-3)$$

### 3. 遗传蚁群算法

遗传算法和蚁群算法都有其各自的优缺点, 本文将其各自的优点结合到一起, 融合得到一种新的遗传蚁群算法。结果表明, 融合后的遗传蚁群算法比未结合的遗传算法和蚁群算法会得到更好的排样效果。研究表明遗传算法可以较快地得到最优解, 但之后其求解效率就会明显下降; 而蚁群算法却因缺乏初始信息素, 较慢地得到最优解, 但随后由于其反馈特点, 信息素的不断增加, 其求解效率也明显提高。因此本文将此两种算法融合的机理就是在前段时间采用遗传算法(利用遗传算法的随机性、快速全局收敛性)为此后的蚁群算法提供最优初始信息素, 然后利用蚁群算法(利用其正反馈并行自催化特性、良好的鲁棒性、求解效率高特点)。这样就可以得到我们所满意的排样结果。

#### 3.1. 遗传算法设计如下

染色体编码方法; 初始种群的生成; 选择; 交叉; 变异; 确定适应度函数, 得到最佳个体; 确定终止条件。

#### 3.2. 蚁群算法

Dorigo 提出了蚁群算法(ACO)。蚁群算法是对自然界蚂蚁的寻径方式进行模拟而得到的一种仿生算法。蚂蚁在运动过程中, 能够在它经过的路径留下一一种称之为外激素的物质进行信息传递, 而且蚂蚁在运动过程中能够感知这种物质, 并以此直到自己的运动方向, 因此由大量蚂蚁组成的蚁群集体行为便表现为一种正反馈现象: 某一路径上走过的蚂蚁越多, 则后来者选择该路径的概率最大。基本的 ACO 模型可以通过以下公式进行描述:

$$P_{ij}^k = \frac{\tau_{ij}^\alpha \eta_{ij}^\beta}{\sum_{j \in \Lambda} \tau_{ij}^\alpha \eta_{ij}^\beta} \quad (3-1)$$

$$\tau_{ij}(n+1) = \rho * \tau_{ij}(n) + \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k \quad (3-2)$$

$$\Delta \tau_{ij}^k = \frac{Q}{\sum L_k} \quad (\text{第 } k \text{ 个蚂蚁经过由 } i \text{ 到 } j \text{ 的路径}) \quad (3-3)$$

式(3-1)、式(3-2)和式(3-3)中:  $m$  为蚂蚁个数;  $n$  为迭代次数;  $i$  为蚂蚁所在位置;  $j$  为蚂蚁到达位置;  $\Lambda$  为蚂蚁到达的位置集合;  $\eta_{ij}$  为启发性信息, 为由  $i$  到  $j$  的路径的能见度, 即  $\eta_{ij} = 1/d_{ij}$ ;  $L_k$  为目标函数, 这里为两点间欧氏距离;  $\tau_{ij}$  为  $i$  到  $j$  的路径的信息素强度;  $\Delta \tau_{ij}^k$  为蚂蚁  $k$  由  $i$  到  $j$  的路径上留下的信息素数量;  $\alpha$  为路径权;  $\beta$  为启发性信息素的权;  $\rho$  为路径上信息素数量的蒸发系数;  $Q$  为信息素质量系数;  $P_{ij}^k$  为蚂蚁  $k$  从位置  $i$  移动到位置  $j$  的转移概率。

##### 3.2.1. 适应度函数

适应度函数也就是目标函数, 适应度函数是用来评价结果的优劣, 其定义为:  $F(s) = Area0/Area$ 。其中,  $Area0$  为需排样的矩形零件的总面积,  $Area$  为所需排样的板材面积。

##### 3.2.2. 信息素的初始化

开始时, 可以利用的信息比较少, 所以得到初始条件不理想, 会影响排样的优劣和排样效率。该方法采用了最大-最小蚁群系统的 MMAS 算法。

### 3.2.3. 信息素的更新

信息素的更新包括全局更新和局部更新。局部更新是在每次搜索排样的过程中实时更新每一个矩形的信息素的浓度, 更新模型如下:

$$\tau(i) = (1 - \psi) * \tau(i) + \psi * \tau_A \tag{3-4}$$

$\psi$  - 初始参数 ( $0 \leq \psi \leq 1$ ):  $\tau_A$  - 信息素浓度的初始值, 也对  $\tau(i)$  赋的初始值。

全局更新是在考虑矩形件被访问的先后次序的情形下只对最优排样序列里的矩形件更新信息素浓度, 模型如下:

$$\tau(i) = (1 - \rho) * \tau(i) + \frac{n(i)}{N} * \rho \Delta \tau(i) \tag{3-5}$$

$$\Delta \tau(i) = \frac{Q}{Area0 / Area} \tag{3-6}$$

$\tau(i)$ —为矩形件  $i$  上的信息素浓度;  $\rho$ —信息素挥发系数 ( $0 \leq \rho \leq 1$ );  $Q$ —信息素强度常数;  $N$ —待排矩形件总数;  $n_i$ —第  $i$  个矩形件在最优排样中的次序;  $Area0$ —待排样矩形件的总面积;  $Area$ —全局最优排样序列所对应的排样图的板材面积。

### 3.3. 基于遗传蚁群算法的矩形排样实现流程如下:

本文将结合遗传算法和蚁群算法各自的优点, 融合为一种新的优点更加突出的遗传蚁群算法。融合后的遗传蚁群算法具有遗传算法在前段时间快速全局收敛性的特点和蚁群算法在后段时间的正反馈并行催化特性、良好鲁棒性、求解效率高等特点, 从而可以较快的得到最优解, 其融合后的遗传蚁群算法的矩形零件排样流程图实现如下图 1 所示。

## 4. 实验结果

本此实验是在最低水平线搜索算法的基础上, 运用遗传蚁群算法地该排样问题进行求解。设定初始条件: 板材尺寸为  $1200 * 3000$ , 矩形零件的参数如下表 1。

进 30 次测试所得适应度均值, 利用遗传算法所得材料利用率的均值为 0.8513, 利用蚁群算法所得材料利用率为 0.8751。根据本文的遗传蚁群算法所得材料利用率均值为 0.8871。由此可见采用遗传蚁群算法比单一采用遗传算法和蚁群算法所得的材料利用率更高。

Table 1. The parameters of the rectangulars

表 1. 矩形件参数

矩形件 $i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	11	12	13	14
长 $l_i$	6	6	3	7	2	4	6	4	3	1	8	6	9	2
宽 $w_i$	4	2	6	3	6	3	3	5	4	5	2	3	2	4
数量 $k_i$	1	3	6	7	3	2	2	3	4	5	3	2	2	3
矩形件 $i$	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
长 $l_i$	2	2	8	4	5	6	8	6	6	4	5	4	4	1
宽 $w_i$	2	3	1	4	4	7	4	9	7	2	2	4	5	3
数量 $k_i$	3	4	1	5	6	1	6	3	3	3	6	6	4	3

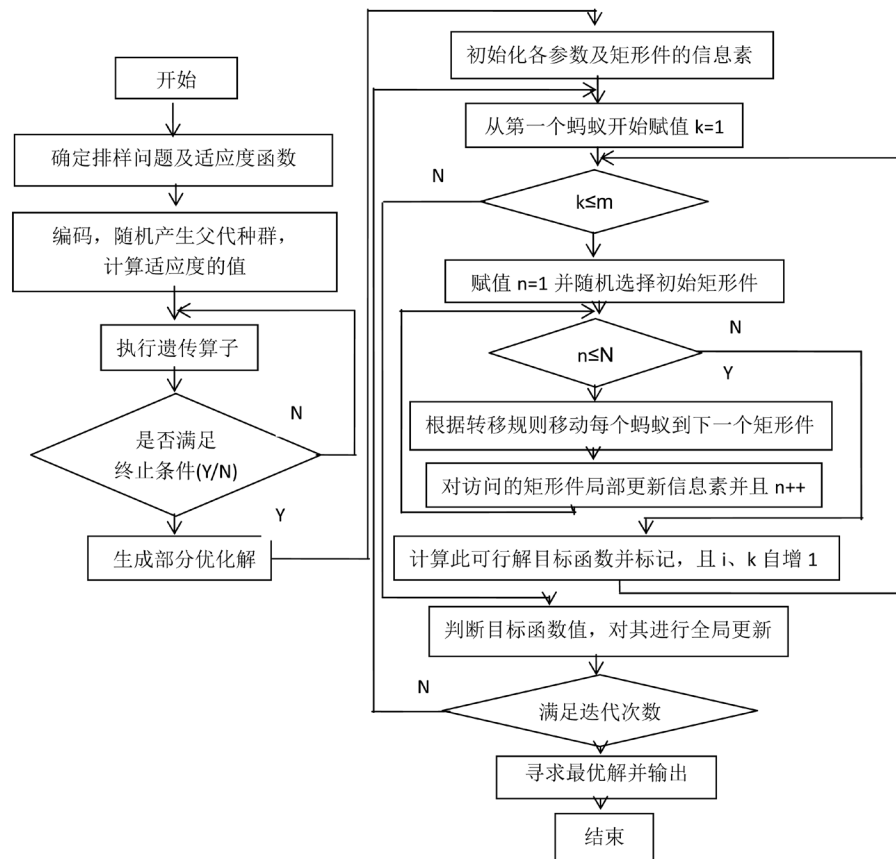


Figure 1. The flowchart of genetic and ant colony algorithm  
图 1. 遗传蚁群算法流程图

## 5. 结论

本文将遗传算法和蚁群算法的优点结合到一起, 融合为一种新的算法即遗传蚁群算法对矩形排样优化问题进行求解。算法前段是采用遗传算法来进行快速高效地来获取初始排样序列, 然后以此作为蚁群算法的初始信息素来进一步精确进行优化排样。通过实例验证, 该方法所得到的结果的材料利用率更好, 结果更加行之有效。

## 参考文献 (References)

- [1] Lodi, A., Martello, S., Monaci, M., et al. (2002) Two Dimensional Packing Problems: A Survey. *European Journal of Operational Research*, **141**, 241-252. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00123-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00123-6)
- [2] Turtonbch, H. (2001) An Empirical Investigation of Meta-Heuristic and Heuristic Algorithms for a 2D Packing Problem. *European Journal of Operational Research*, **128**, 34-57. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00357-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00357-4)
- [3] 陈洁琼, 樊留群, 杨剑. 遗传算法在风管制造排样中的应用[J]. *制造业自动化*, 2017(5): 113-116.
- [4] 杨卫波, 王万良, 张景玲, 赵燕伟. 基于遗传模拟退火算法的矩形件优化排样[J]. *计算机工程与应用*, 2016, 52(7): 259-263.
- [5] 马康, 高尚. 分布估计算法求解矩形件排样优化问题[J]. *电子设计工程*, 2017, 25(1): 49-54.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[dsc@hanspub.org](mailto:dsc@hanspub.org)