

基于 PSO-SA 算法的优化排料研究

(东北林业大学 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要

PSO-SA

PSO-SA PSO SA

关键词

中图分类号 TP3 文献标识码 A DOI:10.3969/j.issn.1000-386x.2019.01.057

OPTIMAL DISCHARGE BASED ON PSO-SA

Sun Liping Li Jiaqi Zhang Ximeng He Rui

(Northeast Forestry University, Haerbin 150040, Heilongjiang, China)

Abstract The use of wood and plates for furniture manufacturing has increased substantially. The rational use of plates and the waste of wood resources have attracted more and more attention from the state and society. In furniture production, the rational tailoring of plate materials has become the research hotspot nowadays. Based on the rational use of wood in modern society, we used PSO-SA to model the optimal discharge of wood materials for panel office furniture in the paper. PSO-SA applied the advantages of PSO and SA to the implementation of the algorithm, and effectively combined PSO with SA to achieve the best optimization results. The production and waste of the rest of the material were avoided and reduced so as to achieve the purpose of highest utilization. It also improved the value and availability of auxiliary materials for the secondary use.

Keywords Simulated annealing Particle swarm optimization SA-PSO

0 引言

矩形件的优化下料模型及在下料过程中对于矩形的切割问题,在家具制造及木材加工等领域受到广泛的重视,国内外对于板材下料的排样优化问题及下料切割已经有了一部分深入的研究,本文采用粒子群与模拟退火算法的有效结合对矩形木板进行排料研究。这种方式可以有效地避免使用遗传算法的交叉和变异步骤,同时也为了粒子群算法脱离陷入局部最优解提

供了基础。采用混合算法的矩形件下料模型,可以有效地实现切割路径最短,板材利用率最大的目的。

1 矩形件排料模型

家具的切割剪裁下料问题,可以归类为 NP 完全问题,即在剪切样板是路径最短。实际上就是在尺寸是 $L \times W$ 的木质板材 M 上,对 n 种不同尺寸大小的矩形 $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 的最优排放,使其切割路径最短,板材利用率最大。设置每个矩形排入时的横向长度为

l_i , 纵向长度为 w_i , 以保证达到板材的利用率最高、废料的剩余最少、用时最快、剪裁最方便等目的。

在这个模型中, 利用率 E 是所有小矩形块的面积之和与所用板坯的总面积之比^[1]。

$$\text{Max}E = \frac{\sum l_i w_i}{WH} \quad (1)$$

式中: x_i, y_i 表示为矩形件 p_i 在排入矩形板 M 后的坐标 (x_i, y_i) , H 是填料可达到的最大峰高。

2 算法

2.1 粒子群优化算法

粒子群优化算法 (Particle Swarm Optimization) 又名鸟群觅食算法, 是在 1995 年 J. Kennedy 和 R. C. Eberhart 等开发的一种新的进化算法^[2]。粒子群算法是通过科学家对飞行动物捕捉食物行为的研究与探索总结归纳出的算法 (例如: 鸟类)^[3]。根据鸟类在飞行过程中无目的地随机选择自己的栖息地, 而事实上鸟类在飞行时对食物地点和位置坐标一无所知, 但是, 最终会有大量的鸟类逐渐聚集在同一食物地点上。J. Kennedy 和 R. C. Eberhart 博士基于这种特点, 提出的 PSO 算法求解问题中, 将食物的位置坐标点当作求解优化问题中的最优解位置, 通过每个个体之间位置信息的交相呼应, 逐步引导种群中所有粒子向统一的目标点集中靠拢, 最终同时朝着最优解方向不停移动靠近。

PSO 的求解过程包含评价、比较、模仿三个过程: 评价是对外部激励信号进行有效地测评与汇总, 通过进行对比数据的分析完成对外部环境进行学习。比较是通过运用自身的位置数据信息与其他个体对象的位置现象进行对比, 用以提供自身学习和修正的动机。模仿是通过数据和信息的对比, 进行模拟, 产生更优于自身的个体。通过以上三个过程的数据对比模型分析, 把有机数据进行巧妙结合, 并应用于粒子群的各个粒子上, 可以让粒子解决复杂的环境问题。在该算法中, 种群中的所有粒子都可被认为是空间下的无质量、无体积的个体, 并且各个粒子以相对稳定的速度在指定空间上不断地进行移动^[4]; 粒子根据其自身的个体历史最优位置解与整个粒子群体的最优解位置信息进行对比分析, 不断地进行自我调整, 速度与位置进行不断地更新与优化, 最终朝着更好更优的区域位置移动。图 1 即为该算法在解空间上的搜索。

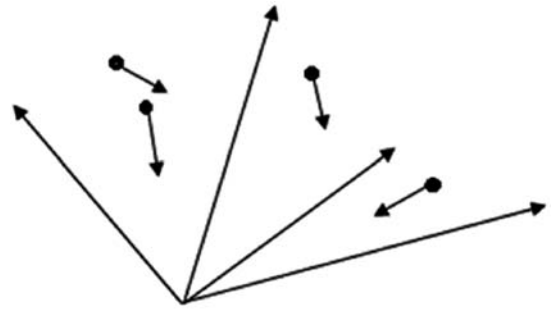


图 1 粒子搜索示意图

PSO 具有记忆性, 它主要是对以往运行的最优的位置和粒子运行时移动的速度进行记忆, 粒子在空间中的飞行速度和位置信息更新方式如下:

$$v_{ij}^{(t+1)} = wv_{ij}^{(t)} + c_1 r_1 (x_{ij}^{p(t)} - x_{ij}^{(t)}) + c_2 r_2 (x_{ij}^{g(t)} - x_{ij}^{(t)}) \quad (2)$$

$$x_{ij}^{(t+1)} = x_{ij}^{(t)} + v_{ij}^{(t+1)} \quad (3)$$

式中: i 和 j 分别代表数量和维数, t 为迭代次数。

粒子个体表示为:

$$x_{ij} = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

粒子更新速度为:

$$v_{ij} = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in}) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

c_1 和 c_2 为加速因子, r_1 和 r_2 为 $[0, 1]$ 区间随机数, w 为惯性因子。为了能兼顾 PSO 全局收敛和部分收敛特性, Shi 等发现并找到了一种跟随优化生成的提高随之改变惯性权重的方法^[5]。该方法是一个随着随机迭代次数的增加而线性降低的方程, 其公式是:

$$\omega = \omega_{\max} - \frac{t(\omega_{\max} - \omega_{\min})}{t_{\max}} \quad (6)$$

PSO 算法求解过程:

- 1) 设置参数。
- 2) 将被优化后的粒子替换处在相同位置坐标上的性能最优的粒子, 计算粒子在不同位置的适应值, 选择最小适应度, 并且用该粒子替代种群中的上一次优化后处在最优位置上的粒子。
- 3) 采用以上两点对粒子进行更新, 如果发现有粒子出现了越界现象, 则需要对这类粒子进行再一步的越界处理。
- 4) 计算适应度值 f_x , f_p 和 f_g , 定义适应度函数 (即利用率函数):

$$\text{Max}E = \frac{\sum l_i w_i}{WH} \quad (7)$$

- 5) 通过对比, 如果 $f_x < f_g$, 则 $x_{ij}^p = x_{ij}$, 相反则 x_{ij}^p 不变。

- 6) 将所有粒子的适应度值 f_x , f_p 和 f_g 与相同坐标点处个体最优粒子的适应度值进行比较, 如果 $f_x < f_g$, 那么 $x_{ij}^g = x_{ij}$, 相反 x_{ij}^g 不变。

7) $t = t + 1$, 如果满足结束条件则逃脱循环, 如果没有则转回第三步继续优化。

2.2 模拟退火算法

模拟退火算法 SA (Simulated Annealing)^[6] 思想是由 N. Metropolis 等于 1953 年提出。S. Kirkpatrick 等于 1993 年首次将 SA 中核心思想在组合优化问题中得以实现。这是一个基于蒙特卡罗的算法。该算法是一种高度随机的优化算法^[7], 其根据物理学中固体退火的案例作为模型, 用以实现算法的退火过程, 并将优化问题的求解过程和组合优化之间求解问题中出现的相似性作为退火过程的主要的出发点^[8]。

该算法的主要流程是需要粒子的初始温度足够高, 同时伴随概率突跳的特性和温度参数不断降低的特点^[9], 采用随机的方式进行搜索, 使之搜索出该空间内的全局最优解。换言之, 可以在局部最优解位置上进行概率性的跳出, 最终趋于全局最优解的位置。根据蒙特卡洛准则, 在温度 T 下颗粒的概率计算如下:

$$E = \frac{-\Delta E}{KT} \quad (8)$$

式中: E 为温度 T 时的内能, ΔE 为其改变量, K 为 Boltzmann 常数。

在求解优化问题的过程中, 考虑使用固体退火方法来模拟和优化数据, 并将目标 E 的内部能量作为目标函数值进行模拟。温度 T 演化为控制参数, 即模拟退火算法^[10], 用于求解最优化解布局问题。从初始值 T 开始, 多次迭代当前解, 并且在算法终止时逐渐衰减 T 值并计算解。也就是说, 当前算法的近似最优解^[11], 是经常使用和提及的一种蒙特卡洛迭代算法。退火过程由冷却进度表控制。

2.3 粒子群与模拟退火混合算法

2004 年, 高颖等提出把 SA 的主题引入 PSO, 形成混合粒子群算法^[12]。混合遗传算法中的混合算法和粒子群优化中的高斯变异混合算法。这种算法即为模拟退火粒子群优化算法 SA-PSO^[13]。

理论上粒子群算法不能确保当前收敛解为最优解, 甚至不能确保是局部最优解, 所以当粒子所在的当前位置和全局最优位置处在相同位置时, 当算法停止运行时, 上述收敛特性易发生早熟收敛, 陷入局部最优而非系统最优, 所以该收敛具有不完备性^[14], 而 SA 算法在 T_0 足够高、 T 下降速度足够慢的条件下, 被证明能以概率 1 收敛于全局最优。所以可以使用模拟退火法作为 PSO 算法的收敛依据。当 PSO 在优化过程中收敛到具体确定的解 p_g 时, 则运用该解作为 SA 的初

始值, 然后再次优化。

我们根据 PSO 和 SA 优化算法的优点, 通过实验对比将这两种算法的有机部分进行有效结合, 设计了一种可以求解排料问题的粒子群退火算法。该算法运算过程:

1) 设置基本参数^[14]。

2) 在 j 维搜索在空间中产生 m 个粒子, 其中包括初始速度与位置^[15]; 并计算所有粒子的适应度值, 将个体最优的 p_i 设为当前位置, 命名 x_i , 并将 f_{\min} 的粒子定义为全局最优的位置^[16]。

3) 根据 PSO 的运算进行多次迭代, 优化出全局最优路径。

4) 判断是否发生早熟收敛。

5) SA 搜索 PSO 得到的初始点, 如果得到一个更优的解则进行下一步, 否则算法结束。

6) 用随机的值 y 对 m 个微粒中的粒子 i 进行替换, 令其当前位置为 y_i , 当前最佳位置为 y_2 ^[17], 使 $y_1 = y_2$, 则适应度均为 $f(y)$, 返回第三步。

7) 算法结束, 输出最优解。

算法运算流程如图 2 所示。

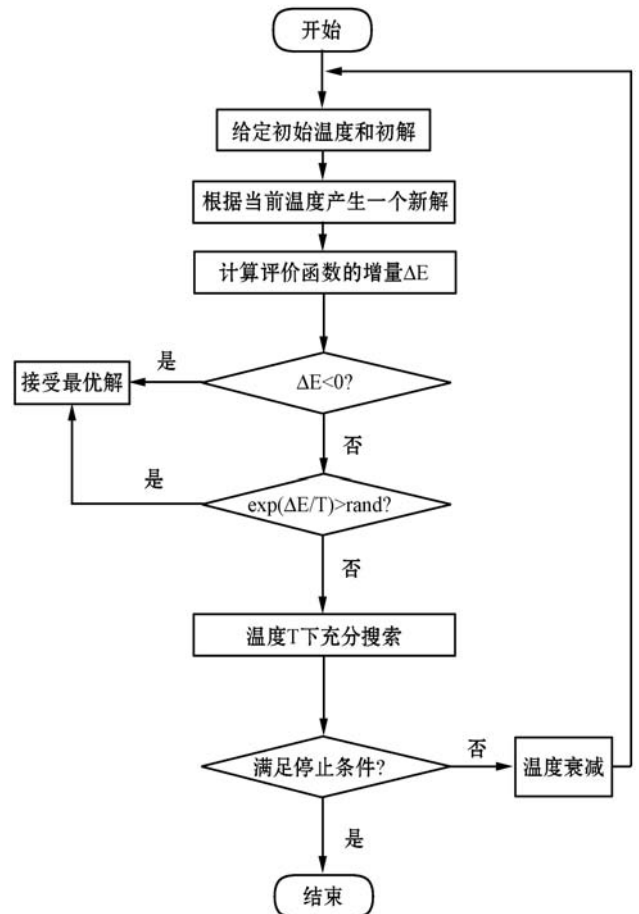


图 2 粒子群退火算法运算流程
优化过程如图 3 - 图 5 所示。

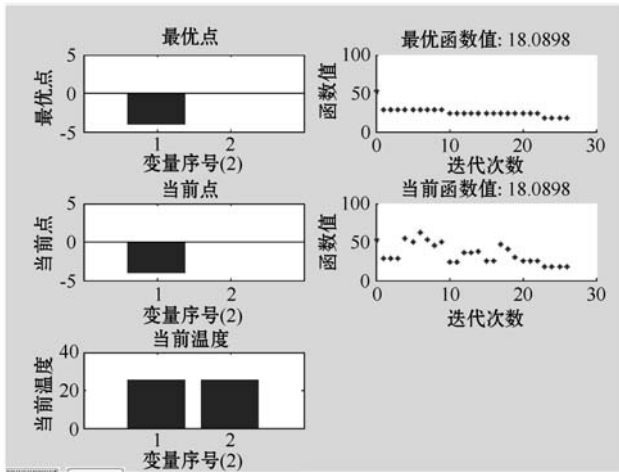


图3 初次优化训练

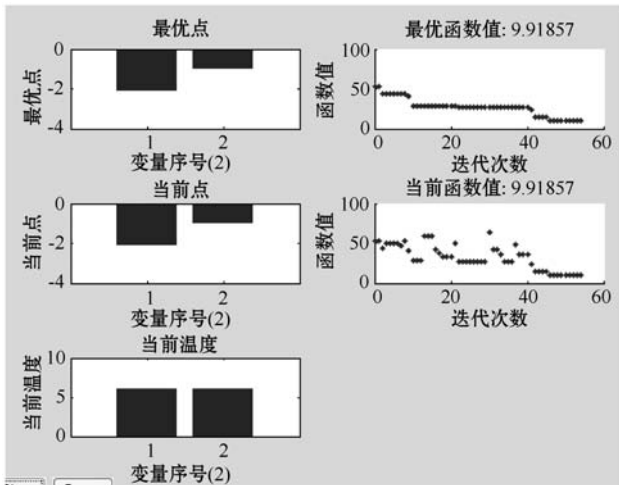


图4 多次迭代后优化参数图

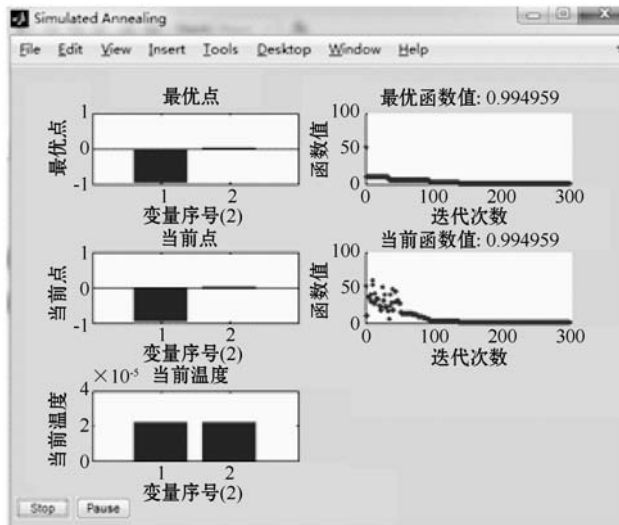


图5 优化结束后参数变化图

表1 排料数据

编号	长度/mm	宽度/mm	数量
1	424	437	4
2	511	754	12
3	92	305	1
4	140	356	4
5	400	80	5
6	540	80	20
7	353	137	9
8	400	110	8
9	424	437	4
10	511	754	6
11	140	356	2
12	400	80	1
13	80	540	1
14	284	110	1
15	378	274	2
16	589	97	1
17	1 014	511	5
18	518	408	7
19	294	387	1
20	754	511	1
21	1 314	440	3
22	80	400	1

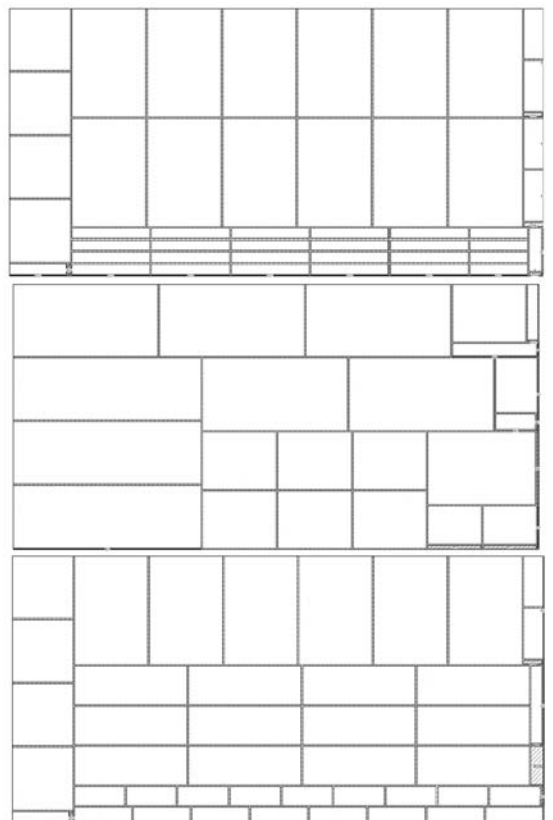


图6 粒子群退火算法排料图

3 实验与结论

在 Visual C++ 环境下,运用混合粒子群退火算法进行排料,实验数据如表 1 所示,排料结果如图 6 所示。

4 结 语

本文选用长 3 660 mm 乘以 1 850 mm 板材 3 块进行实验,平均板材利用率为 97.31%,余料剩余率为 0.61%。实验证明混合粒子群退火算法在计算矩形件优化排料问题上运算速度较高,同时板材的利用率也得到了有效提高。故使用粒子群退火算法对板材下料起到了优化作用,大大降低了余料废料的产生,从而也起到了节约资源的效果。

参 考 文 献

- [1] 全雪峰,沈继涛. 基于模拟退火剩余矩形算法的矩形件排样[J]. 软件,2016,37(3):27-29.
- [2] Kennedy J, Eberhart R. Particle swarm optimization[C]//Proceedings of ICNN'95-International Conference on Neural Networks. Piscataway, NJ:IEEE Service Center, 1995:1942-1948.
- [3] 李磊. 改进粒子群优化算法及应用研究[D]. 阜新:辽宁工程技术大学,2014.
- [4] 文瑛,元昌安. 改进的多目标粒子群优化方法[J]. 计算机工程与设计,2010,31(12):2846-2848,2852.
- [5] Shi Y, Eberhart R C. A modified particle swarm optimizer [C]//Proceedings of IEEE International Conference on Evolutionary Computation (CEC 1998). Piscataway, NJ, 1998:69-73.
- [6] Liu D, Teng H. An improved BL-algorithm for genetic algorithm of the orthogonal packing of rectangles[J]. European Journal of Operational Research, 1999, 112(2):413-420.
- [7] 李金旭,黄悦悦. 求解 TSP 的贪心模拟退火算法[J]. 河南工程学院学报(自然科学版),2015,27(1):66-69.
- [8] 冯剑,岳琪. 模拟退火算法求解 TSP 问题[J]. 森林工程,2008,24(1):94-96.
- [9] 李金旭,黄悦悦,朱广帧. 模拟退火算法及其改进算法的研究[J]. 计算机光盘软件与应用,2014,17(22):141-142.
- [10] 苗卉,杨韬. 旅行商问题(TSP)算法的比较[J]. 技术与市场,2007(2):81-82.
- [11] 丛亮. 基于模拟退火思想的基本粒子群算法改进[C]//中国自动化学会控制理论专业委员会. 第二十七届中国控制会议论文集. 2008.
- [12] 郝瑞芝. 粒子群优化算法及其应用研究[D]. 兰州:西北师范大学,2010.
- [13] 黄文秀. 粒子群优化算法的发展研究[J]. 软件,2014,35(4):73-77.
- [14] 贾亚军. 粒子群与模拟退火的混合算法求解旅行商问题[C]//中国自动化学会系统仿真专业委员会,中国系统仿真学会仿真技术应用专业委员会. 2010 系统仿真技术

及其应用学术会议论文集. 2010.

- [15] 齐名军. 求解多目标优化问题的粒子群算法改进及应用[D]. 大庆:大庆石油学院,2007.
- [16] 李荣钧,常先英. 一种新的混合粒子群优化算法[J]. 计算机应用研究,2009,26(5):1700-1702,1705.
- [17] 林令娟,刘希玉. 结合 SA 算法的快速微粒群优化算法[J]. 计算机工程与应用,2011,47(8):27-29.

(上接第 262 页)

参 考 文 献

- [1] 袁媛,李森,陈晟,等. 复杂背景黄瓜叶部病害图像分割方法[J]. 农业机械学报,2013,44(10):233-237.
- [2] 温长吉,王生生,于合龙,等. 基于改进蜂群算法优化神经网络的玉米病害图像分割[J]. 农业工程学报,2013,29(13):142-149.
- [3] 江海洋,张建,袁媛,等. 基于 MDMP-LSM 算法的黄瓜叶片病斑分割方法[J]. 农业工程学报,2012,28(21):142-148.
- [4] 刁智华,王欢,宋寅卯,等. 复杂背景下棉花病叶害虫图像分割方法[J]. 农业工程学报,2013,29(5):147-152.
- [5] 杨信廷,孙文娟,李明,等. 基于 K 均值聚类和开闭交替滤波的黄瓜叶片水滴荧光图像分割[J]. 农业工程学报,2016,32(17):136-143.
- [6] 彭红星,邹湘军,陈琰,等. 基于演化算法的水果图像分割[J]. 农业工程学报,2014,30(18):294-301.
- [7] 陈恺,陈芳,戴敏,等. 基于萤火虫算法的二维熵多阈值快速图像分割[J]. 光学精密工程,2014,22(2):517-523.
- [8] 李敏,罗洪艳,郑小林,等. 一种改进的最大类间方差图像分割法[J]. 南京理工大学学报,2012,36(2):332-337.
- [9] 李媛媛,黄泉源,侯智新. 基于霍夫变换的 OSTU 改进算法在路面裂缝检测中的研究[J]. 电子设计工程,2016,24(5):43-46.
- [10] 覃晓,元昌安,邓育林,等. 一种改进的 Otsu 图像分割法[J]. 山西大学学报(自然科学版),2013,36(4):530-534.
- [11] 袁小翠,吴禄慎,陈华伟. 基于 Otsu 方法的钢轨图像分割[J]. 光学精密工程,2016,24(7):1772-1781.
- [12] 张弘,高威. 基于局部空间信息的阈值分割算法[J]. 计算机与数字工程,2018,46(2):251-255,325.
- [13] 丁锐,刘甲甲,李柏林,等. 改进的 Otsu 图像多阈值分割方法[J]. 计算机应用,2013,33(S1):214-217.
- [14] 贺振东,王耀南,刘洁,等. 基于背景差分的高铁钢轨表面缺陷图像分割[J]. 仪器仪表学报,2016,37(3):640-649.
- [15] 张文娟,潘晓岚. 基于灰度直方图的阈值分割算法分析与比较[J]. 科技资讯,2006(14):12-13.
- [16] 巢渊,戴敏,陈恺,等. 基于广义反向粒子群与引力搜索混合算法的多阈值图像分割[J]. 光学精密工程,2015,23(3):879-886.
- [17] 陈慕容,黄庆春,叶沙冰,等. “保 01”防治橡胶树褐皮病及其作用机理的研究[J]. 热带作物研究,1992(1):30-37.