

# 基于重要度的矩形工件优化填充排样算法

汪琼枝<sup>1</sup>, 郑文曦<sup>2</sup>, 张 具<sup>1</sup>, 王 余<sup>1</sup>

(1. 皖西学院 应用数学学院, 安徽 六安 237012;

2. 中国科学技术大学, 安徽 合肥 230026)

**摘 要:**大规模矩形件优化排样是一个典型的组合优化问题,属于 NP2hard 问题。矩形件优化排样已广泛应用于板材切割、瓷砖铺设、服装裁剪等行业。在实际排样工作中发现,决策者对工件的选择不仅要考虑大小、工件费用、铺设利用率等诸多因素,往往还需要考虑颜色、花式、铺设方式等因素。基于这种状况,引入排样属性重要度的概念,提出了基于重要度的矩形工件优化填充排样算法,使用计算机辅助排样。通过实例排样表明了该算法的有效性和实用性。

**关键词:**矩形工件;填充算法;重要度

**中图分类号:**TP18

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2013)12-0226-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.12.054

## A Rectangular Optimal Layout Algorithm Based on Important Degree

WANG Qiong-zhi<sup>1</sup>, ZHENG Wen-xi<sup>2</sup>, ZHANG Ju<sup>1</sup>, WANG Yu<sup>1</sup>

(1. Institute of Applied Mathematics, West Anhui University, Lu'an 237012, China;

2. University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

**Abstract:** Large scale rectangular optimal layout is a typical combination optimization problem, which belongs to NP2hard problem. Optimized layout of rectangular pieces of sheet has been widely used in cutting, ceramic tile laying and so on. In actual layout, the decision maker not only considers the size, the cost, laying using rate and other factors about piece selection, but also the color, pattern and other condition. Based on this situation, the concept of attribute importance of layout is introduced, and a rectangular piece optimal packing algorithm based on important degree is proposed. Examples show that this algorithm is effective and practical.

**Key words:** rectangular piece; filling algorithm; important degree

## 0 引 言

矩形工件优化排样是在给定的众多矩形工件中选择合适的工件,在空白面上按照实际情况的要求,以最优方式进行排布,使得材料浪费尽可能小。对矩形工件进行优化排样,能够更好地利用有限资源,提高生产效率,提高客户满意度,增强企业市场竞争力。矩形工件优化排样现广泛应用于服装裁剪、装修设计、太阳能面板铺设、机械制造、飞机制造、电子工业<sup>[1-3]</sup>等领域。因此,对于矩形件优化排样问题的研究,有着重要的理论意义与实用价值。

21世纪以来,随着科学技术的迅猛发展,人们的生活与计算机的关系越来越密切,计算机已经广泛应用于人工智能、机器学习、机械制造、图形辅助设计等

领域<sup>[4-6]</sup>。在现实生活中,由于备用可选的工件种类繁多,数量巨大,往往又需要综合考虑各矩形工件的价格、长宽规格、颜色花式等各不相同的诸多因素,使得决策者在选择时总是无从下手,难以抉择。工件数目多,约束条件多,排样优化过程就更加复杂,是典型的组合优化问题。从数学计算复杂性角度看,属于 NP2hard 问题。因此,运用计算机帮助决策者客观、合理地处理矩形工件排样问题是必然的需求。

目前,国内外不少学者在这方面已经做了很多研究工作<sup>[7-10]</sup>。郭慧杰,赵保军提出了基于矩阵填充的小波图像压缩算法<sup>[11]</sup>。陶献伟,王华昌,李志刚提出了基于填充算法的矩形件排样优化求解<sup>[12]</sup>等。这些算法都是单纯考虑工件的大小形状对排样的影响,没

收稿日期:2013-03-30

修回日期:2013-07-01

网络出版时间:2013-09-29

**基金项目:**安徽省高等学校省级自然科学基金项目(KJ2013B345);安徽省高等学校省级教学研究项目(2012jyxm004);皖西学院国家级大学生创新训练项目(201210376018);六安市定向委托皖西学院市级研究项目重点项目(2012LWB011)

**作者简介:**汪琼枝(1983-),女,安徽六安人,硕士,研究方向为智能计算理论与应用。

**网络出版地址:**http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130929.1548.055.html

有考虑影响决策者做决策的非常重要的因素:颜色、花式等信息。针对这种情况,文中提出一种基于重要度的矩形工件优化填充排样算法,使得在最优排样方案下,既能使总成本最低又能满足决策者对颜色、花式等的喜恶要求。

1 相关基本概念

1.1 矩形工件优化排样的目标函数

矩形工件优化排样就是选择恰当规格的矩形工件,使得这些工件能尽可能最大化地铺满空白区域,同时又能尽可能照顾到决策者对工件颜色、花式等因素的喜恶。假设空白矩阵的长度为  $L$ ,宽度为  $W$ ;备选的矩形工件共有  $N$  种,第  $i$  种工件长度为  $L_i$ ,宽度为  $W_i$ ,使用数目为  $N_i$ ;单个矩形工件的价格为  $C_i$ ;选择者对该矩形工件的颜色、花式喜好程度用  $a_i$  ( $0 \leq a_i \leq 1$ ) 表示;则优化排样的目标函数为:  $\max \sum_{i=1}^N \frac{a_i L_i W_i N_i}{LW}$ 。

1.2 约束条件

在实际问题中,矩形工件的优化排样需要满足下面几个约束条件:

- 1) 矩形工件排列时必须相互靠紧,互不重叠,不能排到空白区域外面;
- 2) 同一类型的矩形工件尽可能相邻排列,提高排样工作生产率;
- 3) 排样过程符合最左最低原则,即第一个被选中的矩形工件应放置在空白矩形的最左下角,后续使用的矩形工件则尽量放置在剩余空白的最左最低位置;
- 4) 先入为主原则,即对已经排放好的工件,后排放的工件,不影响先排工件的位置。

1.3 排样方式

若干矩形工件对空白矩形的排样问题是二维布局的问题,化二维布局为一维布局。沿空白矩形的宽度方向依次进行工件铺排。矩形工件优化排样的方案生成方式共有 4 种,该算法只涉及其中 2 种:沿空白矩形的宽度方向连续纵排或连续横排。

1.3.1 连续纵排

选择矩形工件  $i$  计  $N_i$  个,沿空白矩形的宽度  $W$  方向对这一类型工件进行连续纵排,沿  $W$  方向排满一行这类工件的数量为  $m_1 = \frac{W}{L_i}$ ,矩形工件所排列的行数为

$c_1 = \frac{N_i}{m_1}$ ;根据矩形工件  $i$  的长宽信息,判断结束条件。

1.3.2 连续横排

选择矩形工件  $i$  计  $N_i$  个,沿空白矩形的宽度  $W$  方

向对这一类型工件进行连续横排,沿  $W$  方向排满一行这类工件的数量为  $m_2 = \frac{W}{W_i}$ ,矩形工件所排列的行数为  $c_2 = \frac{N_i}{m_2}$ ;根据矩形工件  $i$  的长宽信息,判断结束条件。

2 基于重要度的矩形工件优化填充排样算法

2.1 矩形工件价格、颜色、花式对决策的影响

在实际问题中,在进行矩形工件排样时,工件的价格、颜色、花式等信息对最终决策也会产生很大的影响。在数据预处理过程中进行如下处理:

以矩形工件的单位面积价格/偏好程度作为矩形工件的性价比参量  $b_i$ ,即  $b_i = \frac{C_i}{L_i W_i} \cdot \frac{1}{a_i}$ ,先对矩形工件按照性价比参量  $b_i$  进行排序,算法运行过程中,优先选择性价比高的矩形工件进行分析。

决策者对矩形工件的颜色、花式等信息的偏好程度使用  $a_i$  ( $0 \leq a_i \leq 1$ ) 作为权重,以加权的形式来对最终决策进行均衡分析,从而做出基于决策者个人喜好的决策方案。

2.2 矩形工件排样的局部利用率

算法中,采用矩形工件的局部利用率作为选择排样方式(连续纵排、连续横排)的度量。

设第  $i$  种矩形工件在进行横排时的两种局部利用率分别为:

$$R_1 = \frac{W_i * [\frac{L}{W_i}]}{L}; R_2 = \frac{L_i * [\frac{L}{L_i}]}{L}; [a]$$

表示对  $a$  取整数。计算二者的最大值,即

$$\lambda = \max \{R_1, R_2\} = \begin{cases} R_1, \text{选择 } W_i \text{ 边沿 } W \text{ 连续横排} \\ R_2, \text{选择 } L_i \text{ 边沿 } W \text{ 连续纵排} \end{cases}$$

以此来确保局部利用率最高。

2.3 基于上述方法和准则构造的排样填充算法描述

(1) 空白矩形的长度选取为  $L$ ,宽度为  $W$ 。记序号为  $i$  的矩形工件长度  $L_i$ ,宽度为  $W_i$ ,所选矩形工件个数  $N_i, i = 0, 1, 2, \dots, p$ ;

(2) 计算  $b_i = \frac{C_i}{L_i W_i} \cdot \frac{1}{a_i}, i = 0, 1, 2, \dots, p$ ,将  $b_i$  从大到小进行排序,生成向量  $P_n$ ;

(3) 令  $j = P_n(1)$ ,若  $N_i = 1$ ,当矩形工件本身长度小于空白矩形宽度时即  $W_i < W$ ,则采用横排,否则采用纵排;

(4) 对于所有待排矩形工件计算最小长度  $L_{\min} = \min\{L_1, L_2, \dots, L_p\}$ ;

(5) 分别计算局部利用率  $R_1, R_2$ , 并取

$$\lambda = \max \{R_1, R_2\} = \begin{cases} R_1, \text{选择 } W_i \text{ 边沿 } W \text{ 连续横排} \\ R_2, \text{选择 } L_i \text{ 边沿 } W \text{ 连续纵排} \end{cases};$$

(6) 令  $j = P_m(1)$ , 对矩形工件进行试探填充, 连续横排时,  $N_i = \left\lfloor \frac{L}{L_i} \right\rfloor, n = \left\lfloor \frac{W}{W_i} \right\rfloor$ ; 连续纵排时,  $N_i = \left\lfloor \frac{W}{W_i} \right\rfloor, n = \left\lfloor \frac{L}{L_i} \right\rfloor$ ; 对于产生的新的空白矩形划分为 2 块, 第一块新空白矩形长度选取为  $L = L - N_i * L_i$ , 宽为  $W = W$ , 和第二块新空白矩形长为  $L = N_i * L_i$ , 宽度为  $W = W - n * W_i$ ; 如果新空白矩阵宽度均大于  $L_{\min} = \min\{L_1, L_2, \dots, L_p\}$ , 则转 (2), 否则结束程序;

(7) 算法结束, 输出  $N_i, n$ 。

3 排样实例

在某公司排样实际问题中, 现有可供选择的矩形工件 22 种, 决策者对各工件的颜色、花式的喜好程度等相关信息如表 1 所示。

表 1 矩形工件尺寸

产品型号	工件尺寸 ( $L_i * W_i$ )	颜色、花式 权重 $a_i$	工件价格 $C_i$ / (元/片)
1	1 580×808	0.9	14.9
2	1 956×991	0.7	14.9
3	1 650×991	0.9	14.9
4	1 651×992	0.4	14.9
5	1 650×991	0.7	14.9
6	1 956×991	0.9	14.9
7	1 580×808	0.4	12.5
8	1 956×991	0.9	12.5
9	1 482×992	0.7	12.5
10	1 640×992	0.9	12.5
11	1 956×992	0.4	12.5
12	1 668×1 000	0.7	12.5
13	1 300×1 100	0.7	4.8
14	1 321×711	0.9	4.8
15	1 414×1 114	0.4	4.8
16	1 400×1 100	0.9	4.8
17	310×355	0.9	4.8
18	615×180	0.7	4.8
19	615×355	0.8	4.8
20	920×355	0.6	4.8
21	818×355	0.7	4.8
22	1 645×712	0.5	4.8

待排区域的相关数据如图 1 所示。

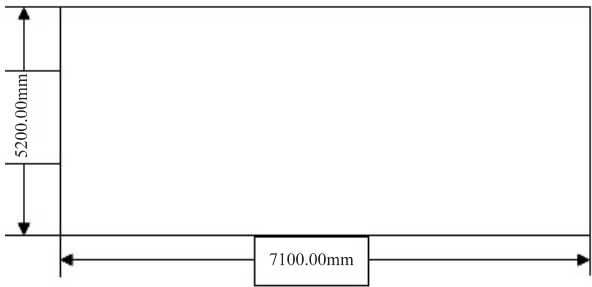


图 1 待排区域

根据提出的基于重要度的矩形工件优化填充排样算法, 根据决策者的喜好要求, 用 C++ 编程计算, 得到铺设方案结果为:

- (1) 矩形区域 7 100 \* 3 200 处:  
横向铺砖 16 号 1 400.0 1 100.0 5.0 \* 2.0 块  
右空白 100.0 \* 3 200  
上空白 7 000.0 \* 1 000.0
- (2) 矩形区域 7 000.0 \* 1 000.0 处:  
横向铺砖 14 号 1 321.0 711.0 5.0 \* 1.0 块  
右空白 395.0 \* 1 000.0
- (3) 矩形区域 395.0 \* 1 000.0 处:  
纵向铺砖 21 号 818.0 355.0 1.0 \* 1.0 块  
右空白 40.0 \* 1 000.0; 上空白 355.0 \* 182.0  
上空白 6 605.0 \* 289.0

为了更加直观地表现铺设结果, 将铺设方案绘制示意图如图 2 所示。

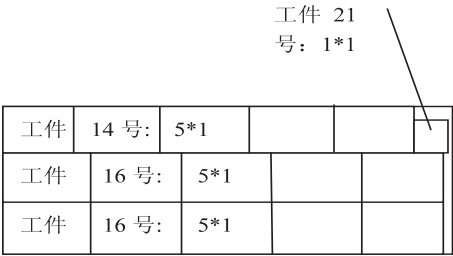


图 2 区域铺设示意图

4 结束语

在现实生活中, 决策者对工件颜色、样式、大小等因素的考虑, 在决策要素中占很重要的地位。文中提出了一种基于矩形工件属性重要度的排样算法。该算法既可以综合考虑决策者对工件的喜好等主观因素, 又可以综合铺排价格、铺排尺寸等客观因素的影响, 对待排区域进行优化排样。

该算法可广泛应用于太阳能电池面板铺设、板材裁剪、不规则零件排样等一系列问题中。由于使用计算机辅助排样, 对于大规模数据的工件排样问题具有良好的实际应用前景。

(下转第 234 页)

各个城市、县、村镇采取必要的防护措施,以保证下游主要城镇的用水安全。从政府公布此次污染的数据来看,文中构建的水污染运移模拟仿真平台具有较高的精度和可信度。

### 4 结束语

文中针对目前水污染运移过程中普遍存在的计算力不足,从而导致无法对全河道内污染物运移过程进行有效地模拟仿真的问题,提出利用网格计算作为高效的计算环境,充分利用河道的具体实际情况,将原子拆分、不规则三角化思想引入水污染运移模拟中,构建了基于网格的水污染运移模拟仿真平台,从而形象直观地展示了污染物在河道内运移扩散的全过程,为河流水污染的有效防治提供了参考和依据。通过对松花江水污染事件的模拟仿真表明了网格所构建的高效计算环境能够为快速有效处置水污染事件提供全新的思路和一定的保障,同时也为全河道内污染物运移的模拟提供支持。

#### 参考文献:

[1] 赵来军. 湖泊流域跨界水污染转移税协调模型[J]. 系统工程理论与实践,2011,31(2):364-370.

[2] 杨菁荟,张万昌. SWAT 模型及其在水环境非点源污染中的应用研究进展[J]. 水土保持研究,2009,16(5):260-266.

[3] 张学成. MFAM 模型在河流水质污染模拟及预测中的应用

[J]. 四川环境,1994,13(4):10-15.

[4] 张 波,王 桥,李 顺,等. 基于系统动力学模型的松花江水污染事故水质模拟[J]. 中国环境科学,2007,17(6):811-815.

[5] Kolstad C D. Pricing the veil of uncertainty in transboundary pollution agreements[J]. Environmental & resource economics,2005,31(1):21-34.

[6] Yeung D W K. Dynamically consistent cooperative solution in a differential game of transboundary industrial pollution[J]. J optim theory apply,2007,134:143-160.

[7] Savy C E, Jane K T. Payments for ecosystem services: A review of existing programmes and payment systems[R]. [ s. l. ]:Anchor Environmental Consultants CC,2004.

[8] 张仙伟,张 璟. 基于网格计算平台的并行计算系统研究与实现[J]. 计算机工程与应用,2012,48(7):5-8.

[9] 宿 彦,薛惠锋,孙景乐,等. 用户驱动的研讨信息可视化平台的设计与实现[J]. 计算机工程与应用,2007,43(23):106-109.

[10] Jain M K, Kothiyari U C, Raju K G R. A GIS based distributed rainfall-runoff model[J]. Journal of hydrology,2004,299:107-135.

[11] 李建勋,解建仓,陈田庆,等. 计算网格下的高性能 MODIS 蒸散发反演研究[J]. 西安交通大学学报,2010,44(10):36-41.

[12] 李如忠,汪家权,王 超,等. 不确定性信息下的河流纳污能力计算初探[J]. 水科学进展,2003,14(4):459-463.

[13] 孔凡哲,李莉莉. 数字高程模型在新安江模型中的应用研究[J]. 中国矿业大学学报,2006,35(3):393-396.

(上接第 228 页)

#### 参考文献:

[1] 曹 炬. 实用矩形件优化排样系统的研究与开发[J]. 锻压技术,1999,24(5):19-23.

[2] 王华昌,李志刚. 冲裁件优化排样算法的研究[J]. 中国机械工程,2001,12(2):199-202.

[3] 陈锦昌,韩锒春. 计算机辅助板材排料系统的研究[J]. 华南理工大学学报(自然科学版),2001,29(5):42-44.

[4] 汪琼枝,吴 涛,毛军军,等. 基于近似度的不完备信息系统属性约简[J]. 计算机工程,2011,37(3):47-48.

[5] 张 旻,吴 涛,王伦文,等. 商空间粒度计算理论在数据库和数据仓库中应用[J]. 计算机工程与应用,2003,39(17):47-49.

[6] 李国成,吴 涛,徐 沈. 灰色人工神经网络人口总量预测模型及应用[J]. 计算机工程与应用,2009,45(16):215-

218.

[7] 郭慧杰,赵保军. 基于矩阵填充的小波图像压缩算法[J]. 系统工程与电子技术,2012,34(9):1930-1933.

[8] 史俊友,冯美贵,苏传生,等. 不规则件优化排样的小生境遗传模拟退火算法[J]. 机械科学与技术,2007,26(7):940-944.

[9] 文 军. 基于 CASE 推理的排样算法[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版),2000,18(2):63-66.

[10] 黄红兵. 一个矩形件排样的较优算法[J]. 东华理工学院学报,2005,28(3):297-300.

[11] 马 炫,张亚龙. 基于遗传算法的大规模矩形件优化排样[J]. 智能系统学报,2007,2(5):48-52.

[12] 陶献伟,王华昌,李志刚. 基于填充算法的矩形件排样优化求解[J]. 中国机械工程,2003,14(13):1104-1107.

基于重要度的矩形工件优化填充排样算法

作者: 汪琼枝, 郑文曦, 张具, 王余, [WANG Qiong-zhi](#), [ZHENG Wen-xi](#), [ZHANG Ju](#),  
[WANG Yu](#)  
作者单位: 汪琼枝, 张具, 王余, [WANG Qiong-zhi](#), [ZHANG Ju](#), [WANG Yu](#)(皖西学院 应用数学学院, 安徽 六安, 237012), 郑文曦, [ZHENG Wen-xi](#)(中国科学技术大学, 安徽 合肥, 230026)  
刊名: [计算机技术与发展](#)

  
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期): 2013(12)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201312054.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201312054.aspx)