

基于遗传算法的不规则物体布局求解方法研究

邱军林, 张亚红

(淮阴工学院, 计算机工程学院, 江苏 淮安 223003)

摘 要: 通过对不规则物体布局特点的分析, 依据遗传算法的基本思想, 提出一种基于遗传算法的不规则物体布局求解算法。本算法选择合适的编码方法、遗传算子和合适的适应度函数, 仿真实验表明, 该算法具有收敛速度快, 解决早熟现象, 能够在较短时间内获得较佳的布局方案。

关键词: 不规则物体; 遗传算法; 布局求解

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)10-0184-04

Irregular Object Layout Solving Based on Genetic Algorithm

QIU Jun-lin, ZHANG Ya-hong

(Faculty of Computer and Engineering, Huaiyin Institute of Technology, Huai'an 223003, China)

Abstract: Through analyzing the characteristics of the layout of irregular objects, according to the basic idea of genetic algorithm, genetic algorithm is proposed based on the layout algorithm for irregular objects. The algorithm to select the appropriate encoding method, genetic operators and the appropriate adaptive function, The experimental results show that the algorithm converges fast to solve premature, and that in a short time to get a better layout program.

Key words: irregular object; genetic algorithm; layout solving

1 引言

随着现代物流运输的发展, 布局问题成为很多人研究的主题。目前, 针对布局设计问题的算法^[1,6]主要有数学规划法、图论方法、优化方法、构造法、改进法、遗传算法、模拟退火算法和约束求解算法、此外, 还有神经网络、并行算法、基于知识的求解方法等。这些方法在求解布局问题上都取得的成功, 但都只适应于同形状的物体的布局的情形。遗传算法提供了一种求解复杂系统优化问题的通用框架, 它不依赖于问题的具体领域。与传统的方法相比具有以下特点^[1-2]: 处理对象不是参数本身, 而是对参数集进行编码的个体; 采用同时处理群体中多个个体的方法; 仅使用问题的目标函数进行工作, 不需要其他的先决条件或辅助信息; 不是采用确定性规则进行工作, 而是采用概率的变化迁规则来指导其搜索方法。

本文通过对不规则物体布局特点的分析, 依据遗传算法的基本思想, 选择较佳的编码方法、遗传算子和合适的适应度函数, 提出一种基于遗传算法的不规则物体布局求解算法, 可得到较为满意的布局方案。

2 布局模型

常见的物体布局主要分为两类^[3-4]: 一类是完全布局; 另一类是不完全布局。本文讨论的布局为完全布局, 布局过程中, 物体之间, 空间与物体之间不能发生干涉, 目标是使物体尽量靠近布局空间的某一面, 以便留下尽可能多的剩余空间放入其它物体。当物体进行布局是时基本规则是^[3-5]: 尽量靠近布局空间的左下角, 即空间的坐标原点 $O(0, 0, 0)$; 其摆放顺序为: 第一个物体放在左下角, 其余物体尽量向 y 轴、 z 轴、 x 轴移动, 并尽量将物体放在可被填充的布局空间空白区域, 如图 1 所示。

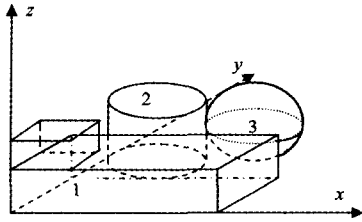


图1 物体在空间中的布局

设空间的宽度为 W , 高度为 H , 长度任意, 第 i 物体 i 长, 宽, 高分别为: l_i, w_i, h_i . 因此, 算法的目标函数为

$$\text{Min}F = \alpha_1 WHL + \alpha_2 \sum_{i=1}^m (\beta_1 x_i + \beta_2 y_i + \beta_3 z_i) \quad (1)$$

式中, $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ 为权重因子; x_i, y_i, z_i 为物体的中心点 x, y, z 坐标值.

在布局过程中, 要遵循以下约束条件:

$$\left. \begin{aligned} |x_i - x_j| &\geq (l_i + l_j)/2 \\ |y_i - y_j| &\geq (h_i + h_j)/2 \\ |z_i - z_j| &\geq (w_i + w_j)/2 \\ \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} &\geq (l_i + l_j)/2 \\ \sqrt{(y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2} &\geq (h_i + h_j)/2 \\ \sqrt{(z_i - z_j)^2 + (x_i - x_j)^2} &\geq (w_i + w_j)/2 \\ \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2} &\geq (l_i + l_j)/2 \\ l_i/2 &\leq x_i \\ h_i/2 &\leq y_i \leq H - h_i/2 \\ w_i/2 &\leq z_i \leq W - w_i/2 \\ i &\neq j (i, j \in (1, 2, \dots, m) m: \text{布局物体数}) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中: l_i, l_j, h_i, h_j, w_i 和 w_j 分别表示物体 i, j 在 x, y, z 三个方向上的尺寸; L 表示已使用空间的长度, H, W 表示空间的高和度; x_i, y_i, z_i 表示物体重心的坐标. 两个相邻物体为长方体, 则它们之间必须满足该条件: $|x_i - x_j| \geq (l_i + l_j)/2, |y_i - y_j| \geq (h_i + h_j)/2$ 和 $(z_i - z_j)^2 \geq (w_i + w_j)/2$; 若相邻物体是含有柱体, 则 $\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \geq (l_i + l_j)/2, \sqrt{(y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2} \geq (h_i + h_j)/2, \sqrt{(z_i - z_j)^2 + (x_j - x_i)^2} \geq (w_i + w_j)/2$, 即它们重心投影坐标之间的距离不小于相应边长距离的一半; 若在布局过程中出现球型物体, 则必须对以下条件进行约束:

$$\sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2} \geq (l_i + l_j)/2.$$

在布局过程中由于要考虑到布局物体与布局空间的位置关系, 所以必须满足条件: $l_i/2 \leq x_i, h_i/2 \leq y_i \leq H - h_i/2, w_i/2 \leq z_i \leq W - w_i/2$.

3 不规则物体布局问题的遗传算法

遗传算法把问题的解空间映射为遗传空间, 把每一可能的解编码为一个称为染色体的二进制串, 染色体的每一位称为基因. 通过选择、交叉、变异等遗传操作, 产生新一代群体. 如此反复操作, 最后得到满足某种收敛条件的最佳群体, 从而获得问题的最优解^[7].

3.1 编码

编码方法除了决定了染色体的排列形式之外, 也影响到交叉算子、变异算子等遗传算法的运算方法.

本文对不规则形状物体进行布局, 采用下列方式进行编码:

$S: [(shape_1, index_1, trot_1), (shape_2, index_2, trot_2) \dots (shape_n, index_n, trot_n)]$

式中, $shape_i$ 表示物体 i 的形状; $index_i$ 表示物体装入布局空间的编号; $trot_i$ 表示物体 i 装入空间的长边方向, 如图 2 所示.

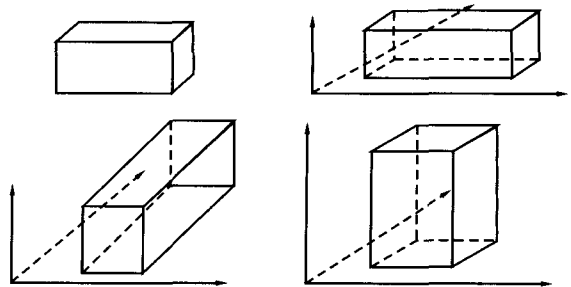


图2 物体在空间中摆放方向

3.2 适应性函数

在遗传算法中, 个体被遗传到下一代群体中的概率是由该个体的适应度值来确定的, 适应性函数 $F(S)$ 代表了解的发展模型, 是比较解优劣的标准. 由于在布局过程中, 空间的最大宽度和高度不变, 因此本文选取的适应度函数为其目标函数, 即

$$F(s) = \alpha_1 L + \alpha_2 \sum (\beta_1 x_i + \beta_2 y_i + \beta_3 z_i) \quad (3)$$

式中, α_1, α_2 为权重因子; x_i, y_i, z_i 为物体 i 重心点的坐标值; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 表示权重因子. 在算法实现过程中对群体初始化后, 在布局的约束条件下根据目标函数表达式分别求出各个个体适应度值, 根据其值大小进行降序排序, 以便在以后算法实现过程中根据

要求对个体进行选择操作。

3.3 初始化

运用遗传算法进行求解的第一步要初始化群体,生成 n 个体。产生初始化群体的方法通常有两种。一种是完全随机的方法,它适合于对问题的解无任何先验知识的情况;另外一种是对某些先验知识转化为满足的一组解,然后在满足这些要求的解中再随机地选取样本;本文根据布局物体随机产生 n 个体,这些个体构成了种群。

3.4 交叉算子

交叉运算的设计要包括两个方面的内容:如何确定交叉点的位置;如何进行部分基因交换。

本文采用了顺序交叉。设两个代码串为: $S_1 = [020, 031, 112, 162, 240, 052]$ $S_2 = [110, 240, 030, 051, 161, 021]$ 。在交叉运算过程中,假设随机生成的交叉点为: $P = 3$, 则根据以上的交叉运算生成的子代编码过程为: $S_{1\text{new}} = [020, 031, 112, 240, 051, 161]$, $S_{2\text{new}} = [110, 240, 030, 020, 052, 162]$ 。

3.5 变异算子

遗传算法中的所谓变异运算,是指将个体染色体编码串的某些基因座上的基因值使用该基因座的其他等位基因来替换,从而形成一个新的个体。

本文采用了两种变异方法:改变布局物体长边的摆放方向,选取方向基因座上其它值来代替当前基因座上的值;在编码串中随机改变两个布局物体的布局顺序。

3.6 选择算子

选择操作是建立在对个体的适应度进行评价的基础之上的,选择的主要目的是为了避开基因缺失,提高全局收敛性和计算效率。本文采用了父-子代排序选择,基本思想是:将 n 父代个体和经过交叉、变异产生的 n 子代个体放在一起,对 $2n$ 个体按其适应度大小进行排序,基于这个排序来进行选择下一代遗传的群体。

4 算法实现过程

本文根据约束条件公式(2)和适应度函数公式(3)来确定布局物体,其中式(3) L 为布局物体在布局空间中的总长度, $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_3$ 为中权重因子, ($\alpha_1 + \alpha_2 = 1$), ($\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$)。基于遗传算法的不规则物体布局求解算法可描述如下^[8]:

(1) 根据上面的初始化群体 $P(0)$;

(2) 确定遗传算法遗传运算的终止代数 m 、交叉概率 P_c 和变异概率 P_m 。

(3) 根据上面提供的适应性函数,计算出个体的适应值 $P(t)$ 。将其适应值按递增进行排序,并计算出该代群体适应值的平均值。

(4) 对所选解进行交叉运算,生成新的个体。

(5) 根据上面的变异算子,以概率 P_m 对新生成的子代进行变异运算。

(6) 对新生成的个体计算其适应值。

(7) 对新生成的子代和父代的 $2n$ 个个体放在一起,按适应值进行递减排序,从分配表中选取 n 个体作为下一代的群体。

(8) 计算新一代适应函数的最佳值和平均值。

(9) 如果种群进化代数大于规定的代数,结束算法并输出最佳解,否则继续。

(10) 遗传代数加 1,并转向(4)。

5 实例

本文通过给定数据分行算法的适应性及有效性,其中规定了布局空间的宽为 300 cm,高为 200 cm,长度为任意。其中布局物体的尺寸、形状等特征如表 1 所示。

表 1 布局物体规格

型号	数量	形状	长	宽	高
1#	4	0	150	40	100
2#	8	0	60	60	50
3#	2	0	80	60	100
4#	10	0	90	60	20
5#	4	0	80	80	80
6#	6	0	100	80	40
7#	5	1	40	40	50
8#	4	1	60	40	100
9#	6	1	100	100	40
10#	4	2	40	40	40
11#	3	2	60	60	60
12#	1	2	100	100	100

在优化过程中,选取了, $P_c = 0.9$, $N = 20$, $T = 100$ 。经过算法优化操作,得到指定代数群体中个体适应度最大值、最小值、平均值。结果如表 2 所示。

对布局优化结果的数据通过图表对每代的最小值、最大值、平均值进行比较,比较的结果如图 3 所示。

通过图表可以看出,使用本文所研究的算法实现,在对不规则物体进行混合布局优化求解过程中,随着进化代数的增加,优化的结果越趋于最佳结果。群体中个体适应度最大值、最小值和平均值之间的

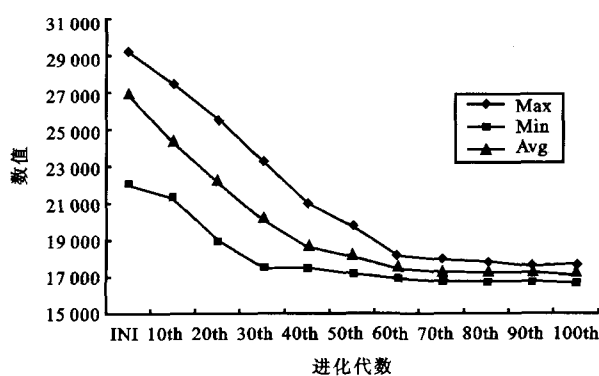


图3 适应度值比较

差值越来越小,最终将向某一值靠近.

表2 遗传运算结果

进化代数	最大值	最小值	平均值
初始化	28 760	20 430	25 650
10th	26 320	19 820	23 452
20 th	23 630	18 560	21 930
30 th	22 570	18 030	20 450
40 th	21 050	17 540	19 420
50 th	20 020	17 400	18 420
60 th	19 872	17 130	18 200
70 th	19 020	16 930	18 018
80 th	18 550	16 930	17 850
90 th	18 140	16 880	17 420
100 th	17 620	16 880	17 220

6 结束语

本文通过研究用遗传算法对不规则物体进行布局,提出了混合形状物体编码方法,设计选择算子使得每代的最佳个体直接参与下一代群体的选择过程,使得遗传算法将收敛于最优解. 为了避免早熟现象以及保持个体的多样性,本文的选择算子将父代

个体与子代新生成的个体放在一起,形成 $2n$ 个个体空间,根据适应值大小进行递减排序,从中选出适应值较低的 n 个体作为下一代遗传的父代,在遗传算子运算中,通过两种方法变异,即改变物体摆放长边的方向或交换任意两个物体的摆放位置. 这样,我们对不同形状物体进行布局问题求解,最终能得到较好的布局结果. 通过选择了合适的遗传算子,本算法在优化过程中能够既加速了算法的收敛速度又避免陷入局部最优解.

参考文献:

[1] 周明,孙树栋. 遗传算法原理及应用[M]. 北京:国防工业出版社,2002.

[2] 王小平,曹立明. 遗传算法理论、应用与软件实现[M]. 西安:西安交通大学出版社,2005.

[3] 王金平,王玉新,曾维川,等. 基于遗传算法的布局求解[J]. 天津大学学报,2005,34(3):307-311.

[4] 郭宏伟,袁俩,刘天亮,等. 基于布置点的矩形物体布局问题的遗传算法研究[J]. 技术交流:学术版,2004:40-43.

[5] 王金敏,喻宏波,姚遥. 矩形物体布局的构造算法[J]. 机械设计:专题论文,2000:23-25.

[6] 于洋,查建中,唐晓君. 一种混合全局寻优算法及其在布局中的应用[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2001,13(9):846-851.

[7] 唐坚刚,刘丛,张丽红. 基于改进遗传算法的不规则图形排样[J]. 计算机工程,2010(21):185-187.

[8] 罗梅,贾志娟. 模糊自适应参数调整的改进遗传算法[J]. 微电子学与计算机,2010(4):1-4

作者简介:

邱军林 男,(1977-),硕士研究生,讲师. 研究方向为人工智能技术.

作者简介:

黄 坤 男,(1977-),硕士,讲师. 研究方向为计算应用方面的研究.

吴 俊 女,(1979-),硕士,讲师. 研究方向为智能数据挖掘.

(上接第 183 页)

Systems & Humans, 1998 (28): 26-37.

[7] Deb K, Agrawal S, Pratap S, et al. Fast elitist non-dominated sorting genetic algorithm for multi-objective optimization: NSGA2[J]. LNCS, 2000, 849-859.