

硬质直方体集装箱装载系统的开发与优化

李广才¹, 孙诚^{1,2}, 黄利强¹

(1. 天津科技大学, 天津 300222; 2. 天津职业大学, 天津 300410)

摘要: 以外形为长方体的硬质直方体产品的集装箱装载为对象, 以提高集装箱的空间利用率为目的, 在多约束条件下, 研究了集装箱装载优化系统的设计, 并给出了优化数学模型。以 VB 6.0 为开发平台, 并应用其相应的绘图功能, 开发出了符合我国集装箱标准和运输条件的集装箱装载优化系统。

关键词: 硬质直方体; 集装箱装载; 遗传算法; 优化; VB 6.0; 绘图

中图分类号: TB485.3; TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)03-0046-04

Development and Optimization of Container Loading System for Hard Rectangular Product

LI Guang-cai¹, SUN Cheng^{1,2}, HUANG Li-qiang¹

(1. Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China; 2. Tianjin Professional College, Tianjin 300410, China)

Abstract: A container loading optimum design system was studied with the object of corrugated box outer package for hard rectangular product to improve spatial utilization rate of container with many constraint conditions. An optimal mathematical model was provided. Using VB6.0 development platform and drawing function, a container loading optimum design system was developed, which was in accordance with national standards of container for through transport and storage conditions.

Key words: hard rectangular solid; container loading; genetic algorithm; optimization; VB6.0; drawing

集装箱装载是指将具有一定体积、质量、数量的不同种类货物, 合理、高效地放置到一个具有体积、载重等限制的集装箱内的过程。集装箱已成为物流供应环节中重要的运输工具, 其利用率(如装载效率和空间利用率等)的提升, 直接影响到企业的有效成本, 对增强物流企业的核心竞争力有着至关重要的作用^[1]。

1 系统开发概述

集装箱装载优化问题是一个以多目标、多变量为约束条件的优化组合问题, 以空间利用率或载重率最大为优化目标的函数。在多约束条件下, 对产品或小包装在集装箱内的堆码方式、布局进行优化组合, 最终得到产品或小包装在集装箱内的最佳堆码方案。应用遗传算法进行解优化, 以 VB 6.0 作为开发平

台, 利用其三维图形绘制技术实现三维立体图显示及三维动画演示等, 以方便使用者的实时观察。系统模块见图 1。

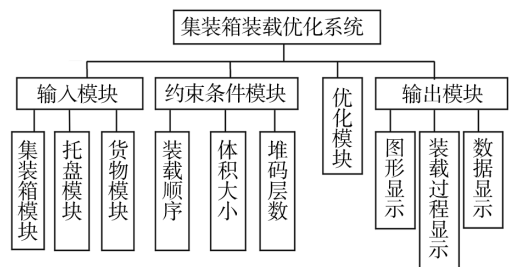


图 1 集装箱装载系统模块

Fig. 1 Container loading system module

2 优化数学模型

研究的是多约束条件下非同类硬质直方体货物

收稿日期: 2010-11-02

基金项目: 天津市高等学校科技发展基金项目(20061026)

作者简介: 李广才(1985—), 男, 内蒙古人, 天津科技大学硕士生, 主攻包装结构 CAD/ CAM 与运输包装。

的单集装箱装载,为了便于表述,特作如下假设:

1) 笛卡儿坐标系原点设为 O ,在集装箱的右下点,集装箱的长、宽、高分别为 $L \times B \times H$,在 OY, OX, OZ 正半轴上,见图 2。

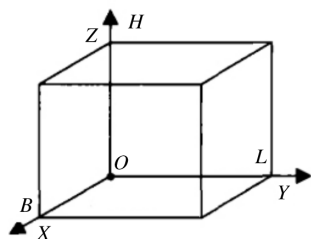


图 2 笛卡儿坐标系

Fig. 2 Cartesian coordinate system

2) 待装货物和集装箱均抽象为大小不同的长方体。

3) 货物必须“规整”、“完全”地放置到集装箱内,这里的“规整”是指货物完全装入集装箱时,货物的方向边必须平行于集装箱三边,且货物之间没有空间干涉,那么每种货物最多有 9 重排布方式^[2],见图 3。

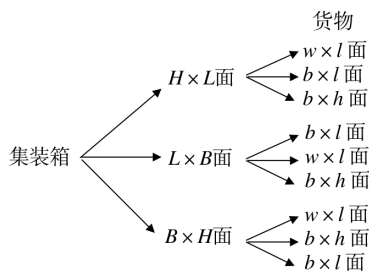


图 3 货物在集装箱内的排列方式

Fig. 3 Goods arrangement in container

在满足约束条件的情况下,将一系列货物装入集装箱中,使集装箱空间使用率或载重利用率达到最大是研究的主要问题,即使目标函数满足下列表达式^[3]:

$$\max F(\alpha) = \alpha \sum_{i=1}^n K_i g_i / G + (1 - \alpha) \sum_{i=1}^n (K_i \cdot l_i \cdot b_i \cdot h_i) / (L \cdot B \cdot H)$$

式中: $F(\alpha)$ 为系统优化的目标函数; α 为 $[0, 1]$ 区间变量,当 $\alpha = 0$ 时,集装箱空间使用率最大,当 $\alpha = 1$ 表示集装箱载重利用率达到最高; K_i 为第 i 类待装货物的总个数; g_i 和 G 分别表示单个第 i 类待装货物的重量和集装箱最大载重量。集装箱装载优化的约束条件包括以下几方面:

1) 空间限制。待装货物总体积小于集装箱体积。

2) 承载能力约束。这包含两个方面,一方面货物的总重量要小于集装箱的额定载重;另一方面是指货物的承压能力,即货物堆码层数限制。

3) 装载顺序。由于货物运输目的地不同,不同货物在装载时应有不同的装载优先级。

4) 安全性。货物重心应位于安全范围之内,即货物装载完成后重心位置与集装箱形心横向偏移不许超过 150 mm,以保证运输安全。

5) 方向约束。货物的摆放方向受到约束,在本系统设计中货物的方向边必须平行于集装箱的边。

3 集装箱装载系统的优化设计与实现

3.1 空间处理方法

集装箱装箱优化最明显的约束条件就是空间有限性,所以应首先确定三维空间的处理方法,以确保在这个空间内装载货物之间没有空间干涉,即保证货物的完整性^[4]。

三空间分割法是指当集装箱装入第一批货物后,剩余集装箱空间被分割成 3 个子空间,见图 4,其余待

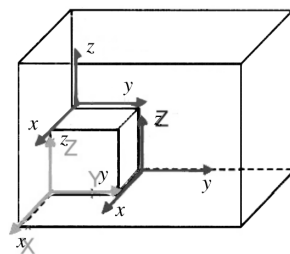


图 4 三空间分割法子空间坐标

Fig. 4 Subspace coordinates by three space partition method

装货物只能在 3 个子空间内进行摆放。当任意一个子空间再装入一批待装货物后又被分割为 3 个子空间,一直如此分割下去直至进行空间合并或不能装下任何货物时停止。随着货物的增多,集装箱空间被分成众多子空间。这将导致 2 个问题:一是数量庞大的子空间将导致搜索效率的下降,程序的有效执行时间延长;二是装载空间变的越来越小,很多子空间成为无效空间,降低空间使用率。因此当子空间数量达到一定值时可进行空间合并处理,减少空间数量。以先上空间,后右空间,最后前空间的顺序进行合并,这样就能够保证装载过程中货物底部不会出现悬空现

象,从而确保了货物的安全性和稳定性^[5]。系统借鉴二分法搜索空间,搜寻适当的子空间。

3.2 遗传算法具体实现

遗传算法是一种模拟生物遗传进化而形成的自适应全局优化概率搜索算法,其主要步骤有:确定编码方法、设计遗传算子、选取控制参数、确定适应度函数、确定终止准则等^[6]。

3.2.1 编码方法

遗传算法中最常用的编码方式是二进制编码,它使用0和1这2种二进制编码符号进行编码,具有操作简单、编码方便、易读取的优点。一个个体基因型(基因:组成染色体的单元,这里指货物的装载状态)具有一个编码符号串,根据约束条件数量及性质,系统采用20位的编码符号串。

3.2.2 遗传算子

遗传算子主要有3种:选择、交换、突变。模仿自然界“自然选择”的进化过程,在群体(货物集合)多次进行遗传算子变换,以便得到优化的下一代种群(解集合),最终选择得到问题的最优近似解。

系统混合使用了精英免罚保留策略与比例选择策略,这样就保证了适应值高的精英个体无条件地进入到下一代,交叉、变异等遗传运算将不能破坏当前的最优个体(最优解)。为提高收敛速度,精英个体保留的数量和比例会随算法的进行而减少。

将随机选择出来的2个个体作为父母体,使2者编码符号串的部分编码进行交叉变换是交叉操作的运行方式。由于本系统中编码较长,所以适合混合使用变化交配与三交配位2种方法,即先比较两父代基因的编码符号串,从不同的基因(编码)位置按常规方法进行交叉变换。因为当编码符号串较长时,采用单点交叉或多点交叉将会影响算法的收敛速度,进而延长程序执行时间。

突变操作是改变个体编码串某位置上的数码,即将1变为0或0变为1。

3.2.3 选取控制参数

运行遗传算法,执行遗传算子操作并求解最优化解时,有3个系统参数需要人为指定:种群大小、交叉概率以及变异概率^[7]。

1) 种群大小。种群大小是指初始化群体时个体的数量。其值越小,遗传算法的运算的速度越快,种群的多样性受到破坏的可能性越大,引起“早熟”现象的几率越高;但如果其取值较大,遗传算法的执行效

率就会降低,延长了程序执行时间。

2) 交叉概率。交叉操作是种群产生新个体的2种主要方法之一,因此其值一般较大。不过若取值过大,就会破坏种群现有的优良个体,对算法运算反而产生不良影响,难以取得最优解;若取值过小,种群新个体产生速度又会变慢,而且容易发生局部优化。

3) 变异概率。变异操作是遗传算法中种群产生新个体的又一重要方法。如若取值较大,虽然能够提高新个体产生的速度,但也有可能破坏已有的优化个体,降低遗传算法的自适应性和全局优化性,使其近似于随机搜索算法;如果其取值过小,就会有种群新个体产生能力差、抑制“早熟”的能力差等弊端。

3.2.4 确定适应函数

遗传算法中评价一个解好坏的外在表现形式是适宜度函数值的大小,值越大,质量越好。由系统的目标函数可以确定,评价一个解的好坏需要考虑以下几点^[8]:

1) 空间利用率函数。

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^m l_i b_i h_i}{V} \times 100\% \quad (0 < \eta < 1)$$

式中: l_i, b_i, h_i 为第*i*个货物的长、宽、高; V 为集装箱总体积。

2) 载重利用率。

$$\omega = \frac{\sum_{i=1}^m W_i}{W} \times 100\% \quad (0 < \omega < 1)$$

式中: W_i 为第*i*个货物重量; W 为集装箱限重。

3) 重心检查函数。

$$\chi = \frac{H_j - \frac{H_j W_j + H_h W_h}{W_j + W_h}}{H_j} \quad (0 < \chi < 1)$$

式中: H_j 为集装箱重心高度; W_j 为集装箱重量; H_h 为货物总体重心高度; W_h 为货物总重量。

结合处理多目标优化的加权系数法和惩罚函数法。定义系统的适宜度函数为: $P = k_1 \eta + k_2 \omega + k_3 \chi$,其中 k_1, k_2, k_3 分别为空间使用率、载重利用率、重心高度的权重系数。

3.2.5 确定算法终止准则

遗传算法对目标优化函数无具体要求,因此遗传算法中无法构造较为准确的收敛判据,这也是遗传算法与常规的数学规划方法不同之处。根据货物装载过程中的实际需求和程序运行时间的长短,本系统中

选择了最大迭代次数作为运算终止的准则,即到达额定迭代次数时,停止程序循环迭代,即停止遗传算子操作^[9]。遗传算法的基本流程见图 5。

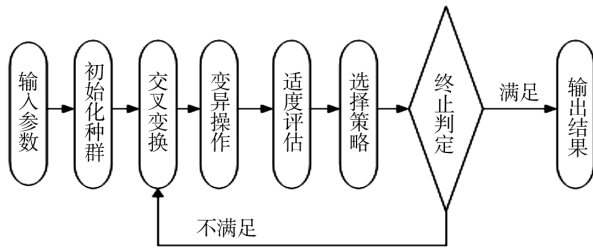


图 5 遗传算法的基本流程

Fig. 5 Basic flow of genetic algorithm

3.3 系统优化设计界面

输入界面主要用于输入集装箱和待装货物的相关数据,包括集装箱的几何尺寸,待装货物的优先等级、种类、数量、堆码层数及每种货物的几何尺寸等。相关数据信息将被存放在数据库中,库内的信息可以随时添加、删除和调用,用户可根据具体情况选择所需的数据,进行导入、导出等相关操作,进行装载计算,见图 6^[10]。



图 6 系统输入界面

Fig. 6 The system input interface

输出界面内容包括:显示装箱结果,包括集装箱的空间利用率;不同种类货物在装载过程中的先后以及所应用的约束条件和重心高度等。根据某外贸公司的实际情况,由随机函数选取 8 类等待装箱货物,装集装箱为一个符合 ISO 标准的集装箱,其几何尺寸长、宽、高为 5 867 mm×2 330 mm×2 197 mm,见图

7。系统采用改进遗传算法计算,各参数初始值分别

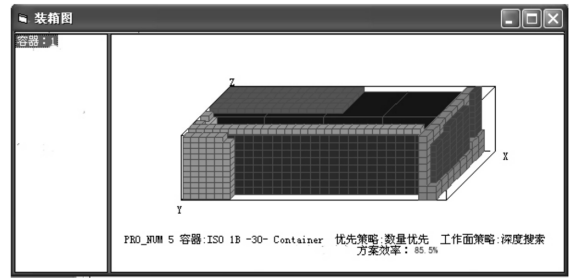


图 7 系统输出界面

Fig. 7 The system output interface

为:种群大小 $N = 85$,交叉概率 $P = 0.7$,变异概率 $P = 0.09$,最大进化代数为 200。经计算,得到的集装箱的空间利用率为 86.5%。

4 结语

集装箱装载优化系统将集装箱等结构参数尺寸融入了系统数据库中,用户只需通过简单的输入界面输入相关参数信息,就可快速地得到相应产品的最优堆码方案,基本上满足现代企业高效率的需求,可有效的提高集装箱装载效率,提高企业的竞争力。

参考文献:

- [1] 陈云. 基于多配送点限制集装箱装载问题研究及应用[D]. 天津:天津大学,2008.
- [2] 薛莲. 同一规格货物集装箱装载问题研究及其在物流行业的应用[D]. 天津:天津大学,2008.
- [3] 赵鸿斌. 集装箱装载的优化算法和交互界面设计与实现[D]. 上海:华东师范大学,2008.
- [4] 许光泞. 三维集装箱装载的改进遗传算法研究[J]. 上海机电学院学报,2008(3):32-39.
- [5] 徐丽丽. 集装箱单箱三维装载优化研究[D]. 济南:山东大学,2008.
- [6] 屈援. 遗传算法及应用[J]. 信息与电脑,2010(7):117-120.
- [7] 黄娟. 整箱货物混合装箱问题的遗传算法[J]. 中国科技信息,2001(9):327-329.
- [8] 江宝训. 一种求解三维集装箱问题的混合遗传算法[J]. 计算机工程与应用,2007(43):200-203.
- [9] 姜义东. 集装箱装载矩形货物的布局研究[J]. 铁道学报,2000(12):12-18.
- [10] 孟唯娟. 托盘装载优化设计软件[J]. 包装工程,2010,31(3):53-55.