

◎工程与应用◎

供应链环境下的装备多级库存优化研究

段立江, 杜艳可, 阳平华

DUAN Li-jiang, DU Yan-ke, YANG Ping-hua

军械工程学院 基础部, 石家庄 050001

Department of Basic Courses, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050001, China

E-mail: duan023405@163.com

DUAN Li-jiang, DU Yan-ke, YANG Ping-hua. Optimization of equipment multi-echelon inventory in environment of SC. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(15): 206-208.

Abstract: Multi-level inventory of tree structure which is composed of one campaign storage and multiple tactical warehouses is investigated. Based on the hypothesis that the ordering policy of campaign storage is equal quantity and equal interval or unequal quantity and equal interval respectively, the paper establishes optimization models and uses adaptive genetic algorithm to solve them. An example verifies the effectiveness of the algorithm.

Key words: multi-level inventory of tree structure; bilevel programming; adaptive genetic algorithm

摘要: 研究了一个战役级、多个战术级仓库组成的树型多级库存系统, 建立了战役级仓库分别采用等量等间隔、不等量等间隔订货策略的模型。采用自适应遗传算法实现了模型的求解, 并用实例验证了算法的有效性。

关键词: 树型多级库存; 二层规划; 自适应遗传算法

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.15.060 文章编号: 1002-8331(2009)15-0206-03 文献标识码: A 中图分类号: O22

1 引言

文献[1]将多级库存系统分为系列系统、装配系统、配送系统、树型系统和一般系统。目前系列系统的研究比较多, 而研究其他类型的系统时大多是将其转化为系列系统^[2]。文献[3]研究了一个供应商和多个购买商构成的树型系统, 但假设要求所有的购买商必须以公共补货期的整数倍来补货; 文献[4-5]假设补货间隔服从某些规律。这种对订货间隔的约束同样会影响库存的优化。

在装备物流供应链^[6]环境下, 上级节点完全可以根据部队装备的实际消耗对其进行补给。研究了一个战役级、多个战术级仓库组成的树型多级库存, 即战役级仓库根据战术级仓库装备的消耗情况, 确定本级仓库的库存策略及对战术级仓库进行供应的策略, 并采用自适应遗传算法实现了模型的求解。

2 模型基本假设

为了便于描述, 把第1级的 m 个节点(战术级仓库), 分别记作节点 $A_{1,i}$ ($i=1, 2, \dots, m$); 第2级节点(战役级仓库)记作节点 B , 并假设:

(1) 节点 $A_{1,i}$ 的消耗率(指装备的消耗速度)为 $R_{1,i}$, 单位存储费为 $c_{1,i}^{(2)}$, 最大库存为 $Q_{1,i}$, 订货费(指向上级节点 B 订货一

次装备发生的费用)为 $c_{1,i}^{(1)}$, 订货间隔为 $T_{1,i}$, 即:

$$Q_{1,i} = R_{1,i} T_{1,i} \quad (1)$$

订货(装备)能够立即到达。

(2) 节点 B 的订货费(指向战略级仓库订货一次装备发生的费用)为 $c_2^{(1)}$, 单位存储费为 $c_2^{(2)}$, t 时刻的实际库存为 $Q_2(t)$, 订货间隔均为 T_2 , 订货能够立即到达。

(3) 假设订货间隔 $T_{1,i}$ 及 T_2 均为正整数, 且在 T 时刻节点 B 与所有下级节点 $A_{1,i}$ 的库存状态与0时刻一致, 即 T 为 $T_{1,1}, T_{1,2}, \dots, T_{1,m}, T_2$ 的公倍数, 因此存在正整数 N_i 和 N 使得:

$$N_1 T_{1,1} = N_2 T_{1,2} = \dots = N_m T_{1,m} = N T_2 = T \quad (2)$$

3 模型描述

由假设知: 在 $[0, T]$ 内, 第1级节点的总费用为:

$$\sum_{i=1}^m [c_{1,i}^{(1)} + c_{1,i}^{(2)} \frac{Q_{1,i}}{2} T_{1,i}] N_i$$

节点 B 的库存策略依据实际情况可细分为:

3.1 等量等间隔订货策略

设节点 B 每次的订货量均为 Q_2^{\max} , 订货间隔均为 T_2 , 则节点 B 在 nT_2 ($n=0, 1, \dots, N-1$)时刻应满足的订货量为:

作者简介: 段立江(1978-), 男, 讲师, 主要研究方向: 军事运筹学; 杜艳可(1977-), 女, 讲师, 主要研究方向: 军事运筹学; 阳平华(1964-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向: 军事运筹学。

收稿日期: 2008-03-26 修回日期: 2008-06-16

$$(n+1)Q_2^{\max} \geq \sum_{i=1}^m Q_{1,i} \lceil \frac{(n+1)T_2}{T_{1,i}} \rceil, n=0, 1, \dots, N-1 \quad (3)$$

其中 $\lceil \cdot \rceil$ 表示取大于等于 \cdot 的最小整数。节点 B 在 nT_2 时刻的剩余库存为:

$$Q_2(nT_2) = nQ_2^{\max} - \sum_{i=1}^m Q_{1,i} \lceil \frac{nT_2}{T_{1,i}} \rceil, n=0, 1, \dots, N-1 \quad (4)$$

节点 B 在 $[0, T]$ 内的总费用为:

$$\sum_{n=0}^{N-1} \{c_2^{(1)} + \frac{c_2^{(2)}}{2} [Q_2^{\max} + Q_2(nT_2) + Q_2(\lceil (n+1)T_2 \rceil) T_2]\} \quad (5)$$

将式(1)、(4)代入式(5), 得系统在 $[0, T]$ 内的平均费用为:

$$\sum_{n=0}^{N-1} \{ \frac{c_2^{(1)}}{T} + \frac{c_2^{(2)}}{2T} [(2n+2)Q_2^{\max} - \sum_{i=1}^m Q_{1,i} \lceil \frac{nT_2}{T_{1,i}} \rceil + \lceil \frac{(n+1)T_2}{T_{1,i}} \rceil] T_2 \} + \sum_{i=1}^m [\frac{c_{1,i}^{(1)}}{T_{1,i}} + \frac{c_{1,i}^{(2)}}{2} R_{1,i} T_{1,i}] \quad (6)$$

由此可得:

$$\begin{aligned} \text{模型 1 } \min F(T_{1,i}, T_2, Q_2^{\max}) &= \sum_{n=1}^{T/T_2-1} \{ \frac{c_2^{(1)}}{T} + \frac{c_2^{(2)}}{2T} [(2n+2)Q_2^{\max} - \\ &\sum_{i=1}^m Q_{1,i} \lceil \frac{nT_2}{T_{1,i}} \rceil + \lceil \frac{(n+1)T_2}{T_{1,i}} \rceil] T_2 \} + \\ &\sum_{i=1}^m [\frac{c_{1,i}^{(1)}}{T_{1,i}} + \frac{c_{1,i}^{(2)}}{2} R_{1,i} T_{1,i}] \\ \text{s.t. } Q_2^{\max} &= \max_{n=0, 1, \dots, (T/T_2-1)} \frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^m R_{1,i} T_{1,i} \lceil \frac{(n+1)T_2}{T_{1,i}} \rceil \end{aligned}$$

其中 $T_{1,i}, T_2$ 为正整数 T 的因子, $i=1, 2, \dots, m; n=0, 1, \dots, T/T_2-1$ 。

3.2 不等量等间隔订货策略

设节点 B 每次的订货量 $Q_2^{(n)}$ 可以不等, 订货间隔均为 T_2 , 订货点为 nT_2 ($n=0, 1, \dots, N-1$)。则节点 B 在 nT_2 时应持有的总库存为:

$$\sum_{i=1}^m Q_{1,i} \lceil \frac{(n+1)T_2}{T_{1,i}} \rceil - \lceil \frac{nT_2}{T_{1,i}} \rceil = Q_2^{(n)}, n=0, 1, \dots, N-1 \quad (7)$$

节点 B 的总费用为 $\sum_{n=0}^{N-1} [c_2^{(1)} + c_2^{(2)} \frac{Q_2^{(n)}}{2} T_2]$ 。因此系统在 $[0, T]$ 内的平均费用为:

$$\sum_{n=0}^{N-1} [\frac{c_2^{(1)}}{T} + c_2^{(2)} \frac{Q_2^{(n)}}{2T} T_2] + \sum_{i=1}^m [\frac{c_{1,i}^{(1)}}{T_{1,i}} + c_{1,i}^{(2)} \frac{Q_{1,i}}{2}] \quad (8)$$

将式(1)、(7)代入式(8)得:

$$\begin{aligned} \text{模型 2 } \min F(T_{1,i}, T_2) &= \sum_{n=1}^{T/T_2-1} [\frac{c_2^{(1)}}{T} + c_2^{(2)} \frac{Q_2^{(n)}}{2T} T_2] + \\ &\sum_{i=1}^m [\frac{c_{1,i}^{(1)}}{T_{1,i}} + c_{1,i}^{(2)} \frac{R_{1,i} T_{1,i}}{2}] \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m R_{1,i} T_{1,i} \lceil \frac{(n+1)T_2}{T_{1,i}} \rceil - \lceil \frac{nT_2}{T_{1,i}} \rceil &= Q_2^{(n)} \end{aligned}$$

其中 $T_{1,i}, T_2$ 为正整数 T 的因子, $i=1, 2, \dots, m; n=0, 1, \dots, T/T_2-1$ 。

4 自适应遗传算法设计

模型1为二层规划模型^[7-9]。由于下层目标函数的最优值不易获得, 求解二层规划模型比较有效的算法是遗传算法。模型

2可先将其转化成无约束优化, 设计的遗传算法仍适用。

4.1 编码策略

由于 T 是 $T_{1,1}, T_{1,2}, \dots, T_{1,m}, T_2$ 的公倍数, $T_{1,1}, T_{1,2}, \dots, T_{1,m}, T_2$ 编码直接选用整数 T 的因子即可, 编码向量为 $V = (T_{1,1}, T_{1,2}, \dots, T_{1,m}, T_2)^T$, 其编码长度为 $m+1$ 。

4.2 适应度函数

目标函数为最小问题, 适应度函数^[9]取为:

$$Fit(V) = \frac{1}{1+c+F(V)}, c \geq 0, c+F(V) \geq 0$$

其中 c 为目标函数界限的保守估计值。

4.3 选择算子

选择过程的第一步是根据个体适应度的大小对当前种群中的每个个体赋予一个选择概率, 其概率的大小反应了个体在复制过程中选择机率的大小。采用基于排序的适应度分配方法, 该方法克服了比例适应度计算的尺度问题, 并表现出较好的鲁棒性; 选用 Michalewicz 提出的基于序的评价函数 $eval(V_i) = c(1-c)^{i-1}$, 其中 i 为个体在当前种群中排序的序号, c 为排序第1个体对应的选择概率, 且 $c = \frac{\max_{i=1, 2, \dots, pop} (F(V_i))}{\sum_{i=1}^{pop} F(V_i)}$ 。

4.4 交叉算子、变异算子

交叉概率 P_c 和变异概率 P_m 的选择是影响遗传算法行为和性能的关键所在, 而改进的自适应遗传算法能够保持群体的多样性, 同时为了保证每一代的优良个体不被破坏, 采用精英选择策略, 使它们直接替换下一代中最差的个体, 保证了遗传算法的全局收敛性。因此 P_c, P_m 按下列公式自适应调整:

$$P_c = \begin{cases} P_{c1} - \frac{(P_{c1} - P_{c2})(f' - f_{avg})}{f_{\max} - f_{avg}}, & f' \geq f_{avg} \\ P_{c1}, & f' < f_{avg} \end{cases}$$

$$P_m = \begin{cases} P_{m1} - \frac{(P_{m1} - P_{m2})(f_{\max} - f)}{f_{\max} - f_{avg}}, & f \geq f_{avg} \\ P_{c1}, & f < f_{avg} \end{cases}$$

式中, f_{\max} —群体中最大的适应度值; f_{avg} —群体的平均适应度值; f' —要交叉的两个个体中较大的适应度值; f —要变异个体的适应度值。

Spears 和 De Jong^[10]提倡使用均匀交叉算子, 并论证了该算子的优越性, 因此选用均匀交叉。具体做法: 先产生与个体等长的0-1掩码样本, 当样本中值为1时表示父个体1提供变量值, 当样本中值为0时表示父个体2提供变量值。

变异算子先根据 P_m 的值, 决定当前个体是否发生变异。若发生变异, 则任取当前个体的一编码位, 随机替换成 T 的另一因子。

4.5 终止准则

当进化代数达到一个给定的上界 E 时, 计算则停止。

5 实例验证

假设第1级有 $m=6$ 个节点, $T=360$, 种群大小 $pop=210$, 进化代数的上界 $E=80$, 交叉概率 $P_{c1}=0.95, P_{c2}=0.85$, 变异概率 $P_{m1}=0.4, P_{m2}=0.3$, 其余信息如表1所示。

模型1求得的平均费用为477.75, 其进化过程如图1所示, 具体结果如表2所示。

表4 节点B在nT₂时刻的库存

n=0~9	21 250	21 570	31 980	21 570	23 970	29 580	21 570	23 970	29 580	23 970
n=10~19	21 570	29 580	23 970	21 570	31 980	21 570	21 570	31 980	21 570	23 970
n=20~29	29 580	21 570	23 970	29 580	23 970	21 570	29 580	23 970	21 570	31 980

表1 各节点基本信息

节点 A _{1,i}	1	2	3	4	5	6	节点 B
消耗率	200	280	340	390	420	470	---
订货费	100	130	175	220	260	300	800
单位存储费	0.045	0.035	0.025	0.025	0.015	0.015	0.005

表2 模型1结果

节点 A _{1,i}	1	2	3	4	5	6	节点 B
订货间隔	4	6	6	6	12	12	12
最大库存	800	1 680	2 040	2 340	5 040	5 640	25 200

模型2求得的平均费用为472.21,其进化过程如图2所示,具体结果如表3、表4所示。

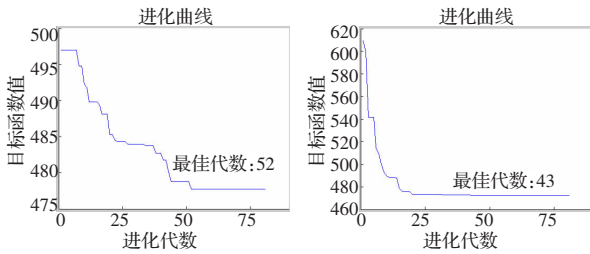


图1 模型1的平均费用

图2 模型2的平均费用

表3 模型2结果

节点 A _{1,i}	1	2	3	4	5	6	节点 B
订货间隔	5	5	6	6	9	9	12
最大库存	1 000	1 400	2 040	2 340	3 780	4 280	---

6 结语

研究了一个战役级、多个战术级仓库组成的树型多级库存

系统,并给出该模型的自适应遗传算法。对三级以上的树型多级库存系统,可利用级消耗率、级存储费^[6]等化其为多个由一个战役级、多个战术级仓库组成的系统。考虑到对战役级仓库的补货间隔也可改变时,下一步的研究将去除订货间隔相等和订货量相等的假设,建立另一类树型多级库存模型,并寻求有效的解法。

参考文献:

- [1] 赵刚.物流运筹[M].成都:四川人民出版社,2002.
- [2] 徐贤浩,马士华.供应链网络状结构模型中多级库存控制模型[J].华中理工大学学报,1998(7):68-70.
- [3] Viswanathan S, Piplani R. Coordinating supply chain inventories through common replenishment[J]. European Journal of Operations Research, 2001, 129: 277-286.
- [4] 柳键,赖明勇,张汉江.基于趋势需求的供应链订货与定价决策优化[J].系统工程,2003(5):48-53.
- [5] Khoutja M. Optimizing inventory decision in multi-stage multi-customer supply chain[J]. Transportation Research Part E, 2003, 39: 193-208.
- [6] 王铁宁,王兵,王玉泉,等.装备物流[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [7] 杜文,黄崇超.求解二层规划问题的遗传算法[J].数学杂志,2005(02):167-170.
- [8] 王先甲,冯尚友.二层系统最优化理论[M].北京:科学出版社,1995.
- [9] 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,2002.
- [10] 李敏强.遗传算法的基本理论与应用[M].北京:科学出版社,2002.

(上接 201 页)



图3 反馈五次后的检索结果

从查询结果来看,用户的反馈对提高计算机图像检索的正确率有较显著的效果。计算机首次查询的结果中,前20幅图像的正确率为45%,经过用户两次反馈、五次反馈后的正确率达到了65%、85%,检索精度提高。在用户多次反馈之后,部分不相关图像被从查询结果中移除,查询结果中,顺序在前的若干图像与示例图像的相似程度最大,用户可以只关注结果中的前若干幅图像。

5 结束语

使用区域对象的特征进行图像检索,保留了图像颜色特征

中的空间信息,将人的反馈信息有效地利用到检索过程当中,在每次检索结束后通过对图像中各对象权值的调整保存用户的反馈信息,逐渐标明各对象在图像中的重要程度,方便以后更加快捷、准确地对图像进行检索,实验结果表明,使用用户的相关反馈可以显著提高图像检索的正确率。

参考文献:

- [1] Ohm J R. A set of visual feature descriptors and their combination in a low-level description scheme[J]. Signal Processing: Image Communication, 2000, 9(16): 157-179.
- [2] Koskela M, Laaksonen J, Oja E. Comparison of techniques for content-based image retrieval[C]//Proc of the 12th Scandinavian Conference on Image Analysis (SCIA 2001), 2001: 579-586.
- [3] 王涛,胡事民,孙家广.基于颜色-空间特征的图像检索[J].软件学报,2002,13(10):2031-2036.
- [4] Leu J G. Computing a shape moments from its boundary[J]. Pattern Recognition, 1991, 24(10): 949-957.
- [5] Rui Y, Huang T S, Ortega M, et al. Relevance feedback: A power tool in interactive content-base image retrieval[J]. IEEE Tran on Circuits and Systems for Video Technology, 1998, 8(5): 644-655.