

求解 0—1 背包问题的基于双禁忌对象的 TS 算法

朱 颢 东, 李 红 婵

(郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 0—1 背包问题是一个典型的组合优化问题. 针对这个问题, 给出了一种基于双禁忌对象的禁忌搜索求解算法. 该算法首先以解向量的分量为解对象进行禁忌搜索, 当这个搜索过程完成后, 然后以当前最优解为初始解对象再进行禁忌搜索. 实验结果表明该算法可有效地解决 0—1 背包问题.

关键词: 0—1 背包问题; 组合优化问题; 禁忌搜索

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2011)05—0148—04

TS to Solve 0—1 Knapsack Problem Based on Double—Tabu Objects

ZHU Hao-dong, LI Hong-chan

(School of Computer and Communication Engineering,
Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Aiming at 0—1 knapsack problem which is a typical combinatorial optimization problem, a TS algorithm based on double—tabu objects was proposed. Firstly, the proposed algorithm regards on one component of solution vector as solution object to execute tabu search. After this search process, it looks upon the current optimal solution as initial solution object to carry out tabu search again. The experiment results show the proposed TS algorithm based on double—tabu objects can effectively solve the 0—1 knapsack problem.

Key words: 0—1 knapsack problem; combinatorial optimization problem; tabu search

1 引言

0—1 背包问题是一个典型的具有 NP—hard^[1] 的组合优化问题, 它具有广泛的应用背景, 如货物装载、材料切割等问题^[2].

背包问题的描述形式多样, 但是对于一般的整数背包问题都可以转化为 0—1 背包问题加以求解, 其数学描述为: 设有一个容积为 b 的背包, n 个体积分别为 $a_i (i = 1, 2, \dots, n)$, 价值分别为 $c_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 的物品, 如何以最大的价值装包^[2], 其数学模型可以表示为^[3]:

$$\max \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=1}^n a_i x_i \leq b \quad (2)$$

$$x_i \in \{0, 1\}, i = 1, \dots, n. \quad (3)$$

其中, 目标式(1) 欲使包内所装物品的价值最大, 约束条件式(2) 为包的能力限制, 式(3) 中的二进制变量 $x_i = 1$ 表示装第 i 个物品, $x_i = 0$ 表示不装.

目前已有的求解方法有精确算法(回溯法、分支定界法等)和近似算法(贪心法等)^[4-6]. 下面将给出一种基于双禁忌对象的禁忌搜索算法, 并用于求解 0—1 背包问题. 实验结果表明, 该算法在求解 0—1 背包问题上取得了较好的效果.

2 禁忌搜索算法简介

禁忌搜索(Tabu Search 或 Taboo Search, 简称 TS)的思想最早由 Glover 于 1986 年提出^[7], 它是对局部领域搜索的一种扩展, 是一种全局逐步寻优算法, 是对人类智力过程的一种模拟. TS 算法通过

收稿日期: 2010—04—23; 修回日期: 2010—06—25

基金项目: 河南省基础与前沿技术研究计划项目(102300410266); 郑州轻工业学院博士科研基金项目

引入一个灵活的存储结构和相应的禁忌准则来避免迂回搜索,并通过藐视准则来赦免一些被禁忌的优良状态,进而保证多样化的有效探索以最终实现全局优化.相对于模拟退火和遗传算法,TS是又一种搜索特点不同的 meta-heuristic 算法.迄今为止,TS算法在组合优化、生产调度、机器学习、电路设计和神经网络等领域取得了很大的成功,近年来又在函数全局优化方面得到较多的研究,并大有发展的趋势.

禁忌搜索算法的一个重要思想是标记已得到的局部最优解,并在进一步迭代中避开这些局部最优解继续搜索.其算法可以简述为^[8]:

Step1:选定一个初始解 x^{now} 及给定禁忌表 $H = \phi$;

Step2:若满足停止条件,则停止计算;否则,在 x^{now} 的领域 $N(H, x^{\text{now}})$ 中选择满足禁忌要求的候选集 $\text{Can}_N(x^{\text{now}})$;在 $\text{Can}_N(x^{\text{now}})$ 中选一个评价价值最佳的解 $x^{\text{now}}, x^{\text{next}} = x^{\text{now}}$;更新历史记录 H ,重复 Step2.

3 基于双禁忌对象的禁忌搜索算法

在禁忌搜索过程中,解的状态变化分为解的简单变化、解向量分量的变化、目标值的变化.这三种情况对禁忌计算过程中受禁范围的影响是不同的,目标值变化的受禁范围大于解向量分量的变化的受禁范围,而解向量分量的变化的受禁范围大于解的简单变化的受禁范围,反过来说,就是解的简单变化的搜索范围大于解向量分量的搜索范围,而目标值的变化搜索范围最小.在计算过程中搜索范围的增加也必然带来计算时间的增加,而搜索范围过小,可能导致陷入局部最优.鉴于此,文中提出了基于双禁忌对象的禁忌搜索算法.基本思想:先以解向量的分量作为禁忌对象进行禁忌搜索,当这个搜索过程完成后,再以当前求的最优解为初始解对象进行禁忌搜索,直到算法满足结束条件,具体的流程如图1所示.

TS算法中的关键要素是领域结构、禁忌对象、禁忌长度,有关要素设置如下:

(1) 解的邻域定义为 $N: x \rightarrow N(x) = \{y \mid \sum_{i=1}^n |y_i - x_i| \leq 1\}$,即装一个物品进去或取一个物品出来;

(2) 目标函数为包中物品的价值总和,其亦为评价函数;

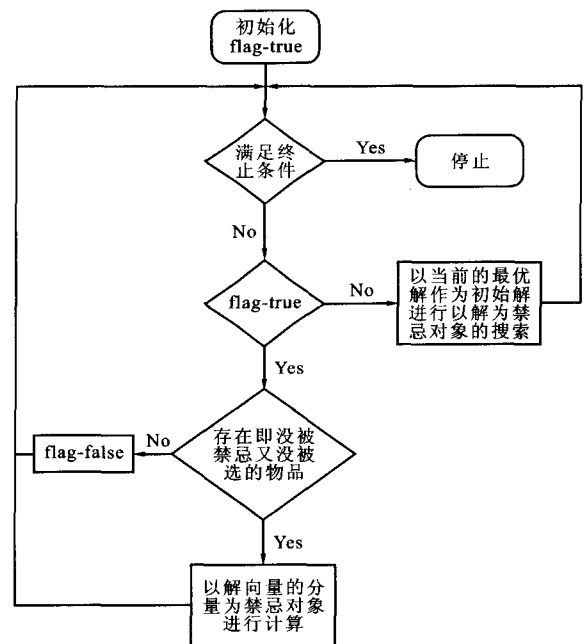


图1 基于双禁忌对象的禁忌搜索算法

(3) 禁忌对象为解和解向量的分量;

(4) 禁忌长度根据问题的规模而定;

(5) 特赦规则(仅针对禁忌对象为解向量的分量的情况)为解禁某一物品能够使包中物品的总价值优于当前的最优解的总价值;

(6) 终止规则为目标值控制原则,即在给定的迭代步数内,目标值没有改变.

4 求解0-1背包问题实验

为检验文中算法的有效性,选用已被蚂蚁算法和遗传算法测试过的数据为仿真对象.其中,关于0-1背包问题的实验数据1、2来自文献[5],数据3~7来自文献[6].文中算法求解结果与文献[8]的算法求解结果进行对比,结果见表1.每组数据的求解过程见图2~图8(V 为最优值, n 为最优值所在迭代步数;图中的最低点为两种不同迭代方式的分界点).实验数据在 Celeron 4/1.7GHz 上的耗时都

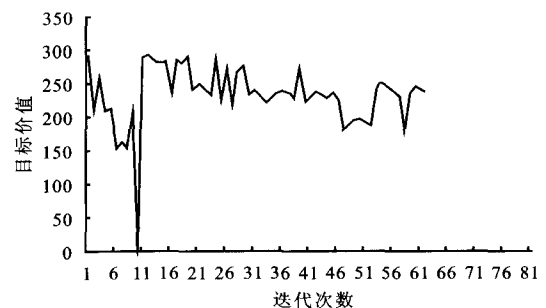


图2 第一组数据($V=295, n=12$)

在 1 秒左右. 在尝试使迭代次数由原来的 50 变为 100、200、500 以延长计算时间, 没有发现对结果有所改善, 这说明对于当前的参数设置. 以上实验数据已达到最优.

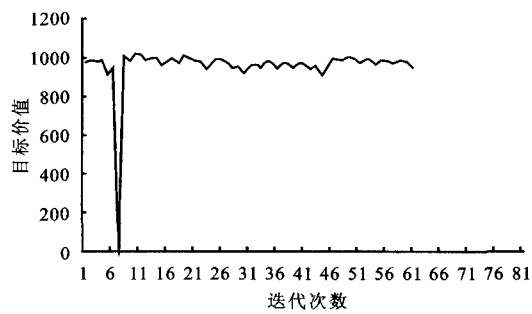


图 3 第二组数据 ($V=1024, n=11$)

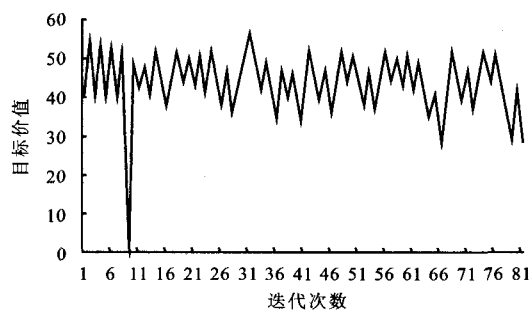


图 4 第三组数据 ($V=57, n=31$)

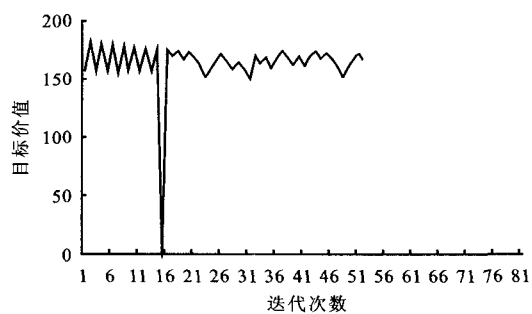


图 5 第四组数据 ($V=182, n=2$)

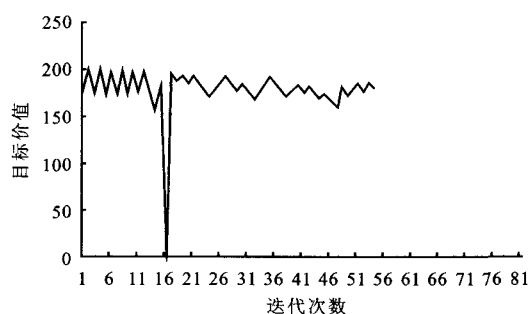


图 6 第五组数据 ($V=201, n=4$)

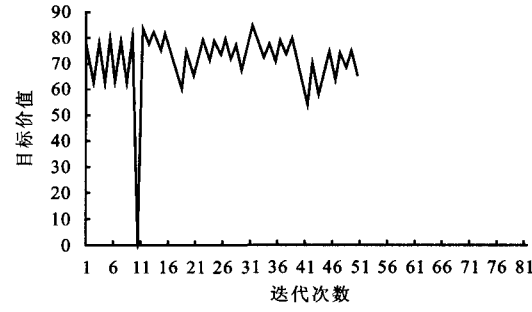


图 7 第六组数据 ($V=90, n=0$)

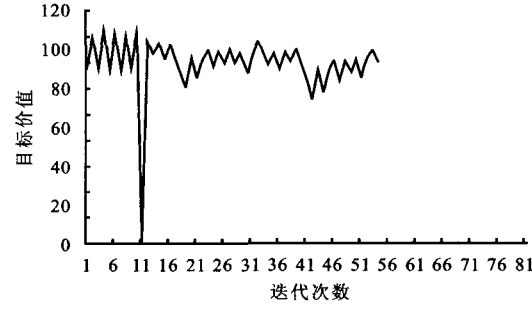


图 8 第七组数据 ($V=110, n=4$)

表 1 实验结果比较

序号	实验数据	文献[8] 最优值	文中算法 最优值
$N=10, V=269$			
1	$W=\{95,4,60,32,23,72,80,62,65,46\}$ $P=\{55,10,47,5,4,50,8,61,85,87\}$	241	295
$N=20, V=878$			
2	$W=\{92,4,43,83,84,68,92,82,644,32,18,56,83,25,96,70,48,14,58\}$ $P=\{44,46,90,72,9140,75,35,8,54,78,40,77,15,61,17,75,29,75,63\}$	922	1024
$N=10, V=27.5, W=\{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}, P(i)=W(i)+5$			
3		53	57
$N=21, V=115.5, W=\{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21\}, P(i)=W(i)+5$			
4		161	182
$N=22, V=126.5, W=\{10,11,2,18,1,17,19,6,16,9,8,7,12,21,4,5,13,3,14,20,15,22\}, P(i)=W(i)+5$			
5		179	201
$N=13, V=45.5, W=\{1,13,9,2,5,3,4,11,6,7,12,10,8\}, P(i)=W(i)+5$			
6		81	90
$N=15, V=60, W=\{14,3,4,12,8,5,13,2,6,9,15,10,1,7,11\}, P(i)=W(i)+5$			
7		98	110

从表 1 可以看出,同文献[8] 的算法相比,文中基于双禁忌对象的禁忌搜索算法在求解 0—1 背包问题上具有较明显的优势.

在以上实验数据的求解过程中出现了不同程度

的循环,一方面与本算法采用的出包规则相关(本算法在以解向量分量为禁忌对象的迭代过程中,选择包中体积最大的物品出包);另一方面在于实验数据规律性的高低,在第3到第7组实验数据的计算过程中,由于其规律性较强,其在首次迭代中循环较大。

5 结束语

从表1和图2~图8不难看出,基于双禁忌对象的禁忌搜索算法的求解0-1背包问题最终结果明显优于遗传算法,从这表明文中算法在求解0-1背包问题时是可行的、有效的。文中禁忌搜索算法采用双禁忌对象策略,实现了搜索范围的扩大与缩小,在一定程度上协调了搜索的集中性与多样性之间的矛盾。该策略可推广应用其他组合优化问题的求解,如任务分配问题、车辆路径问题等,将是下一步进行的工作。

参考文献:

- [1] Christophe Wilbaut, Saïd Salhi, Saïd Hanafi. An iterative variable-based fixation heuristic for the 0-1 multidimensional knapsack problem [J]. European Journal of Operational Research, 2009, 199(2): 339-348.
- [2] Brahim Aghezzaf, Mohamed Naimi. The two-stage recombination operator and its application to the multiobjective 0/1 knapsack problem: A comparative study[J]. Computers & Operations Research, 2009, 36(12): 3247-3262.
- [3] Garg M L, Sunanda Gupta. An improved genetic algo-

rithm based on adaptive repair operator for solving the knapsack problem [J]. Journal of Computer Science, 2009, 5(8): 544-547.

- [4] Boyer V, Elkihel M, ElBaz D. Heuristics for the 0-1 multidimensional knapsack problem [J]. European Journal of Operational Research, 2009, 199(3): 658-664.
- [5] Matthew R Gibson, Jeffrey W Ohlmann, Michael J Fry. An agent-based stochastic ruler approach for a stochastic knapsack problem with sequential competition [J]. Computers & Operations Research, 2010, 37(3): 598-609.
- [6] Wang Ling, Wang Xiuting, Fei, Minrui. An adaptive mutation-dissipation binary particle swarm optimizations for multidimensional knapsack problem [J]. International Journal of Modelling, Identification and Control, 2009, 8(4): 259-269.
- [7] Cherfi Nawal, Hifi Mhand. Hybrid algorithms for the multiple-choice multi-dimensional knapsack problem [J]. International Journal of Operational Research, 2009, 5(1): 89-109.
- [8] 周本达,陈明华,任哲.一种求解0-1背包问题的新遗传算法[J].计算机工程与应用,2009,45(30):45-47.

作者简介:

朱颢东 男,(1980-),博士,CCF会员.研究方向为文本挖掘、智能信息处理、计算智能。

李红婵 女,(1983-),硕士,CCF会员.研究方向为智能信息处理。

(上接第147页)

化向量 $C = (d_1, d_2, \dots, d_g) = (8, 8, 4, 2)$, 于是计算得其平台性能指标综合评价值 $W_a = BC^T = 7.6691$ 。

5 结束语

文中针对 NSIS 设计技术有效性验证的问题,首先采用 ADC 模型建立顶层评价体系,并结合 AHP 方法计算其能力指标,同时引入灰色评估法解决了 NSIS 中平台性能无法量化的问题。首次提出了 NSIS 的效能评估体系,满足了 NSIS 开发的有效性验证需求,为有效降低系统开发的风险和开销提供了理论支持。

参考文献:

- [1] 高彬,韩轲. 机载自卫闪烁干扰作战效能评估 [J]. 北京

航天航空大学学报,2008(9):101-104.

- [2] 阎代维,谷良贤,管千山. 高超声速巡航导弹作战效能建模与评估 [J]. 兵工学报,2007(6):725-728.
- [3] 胡华强,徐忠伟. 基于 Vague 集的机载电子对抗系统作战效能评估 [J]. 系统工程与电子技术,2008(5):884-886.
- [4] 徐鑫,张恒喜. 基于 ADC 模型的地地导弹武器系统作战效能评估 [J]. 弹箭与制导学报,2005(2):63-67.
- [5] 王湛,周文瑜,韩彦明. 基于 AHP 法的天波超视距雷达作战效能评估模型 [J]. 电子对抗,2006(6):28-30.

作者简介:

戴静 女,(1982-),博士研究生.研究方向为临近空间作战应用研究。