文章编号:1003-6199(2012)01-0078-04

一种求解TSP问题的改进禁忌搜索算法

彭 茂

(长沙理工大学 计算机与通信工程学院,湖南 长沙 410114)

摘 要:禁忌搜索算法作为一种新兴的智能搜索算法,已被广泛应用于各类优化问题。本文综合解向量的分量变化和目标值变化,提出一种新的候选解和当前解选择策略,并用改进的新算法求解TSP问题。实验表明新的算法具有良好的性能。

关键词:禁忌搜索;旅行商问题

中图分类号:TP301.6 文献标识码:A

Improved Tabu Search Algorithm for Solving Traveling Salesman Problem

PENG Mao

(Changsha University of Science & Technology School of computer and Communication Engineering, Changsha 410114, China)

Abstract: Tabu search algorithm as a new kind of intelligent search algorithm, has been widely used in various types of optimization problems. In this paper the solution vector component changes and target value changes, put forward a kind of new candidate value and the current solution selection strategy, and an improved new algorithm for solving TSP problem. Experiments show that the new algorithm has a good performance.

Key words: tabu search algorithm; traveling salesman problem

1 引 言

禁忌搜索算法(Tabu Search, TS)最早是由Glover在1986年提出,它的实质是对局部邻域搜索的一种拓展。TS算法通过模拟人类智能的记忆机制,制造出一个"记忆装置",即禁忌表。采用不同的禁忌策略已达到限制搜索过程陷入局部最优来避免迂回搜索。同时引入特赦(破禁)准则来释放一些被禁忌的优良状态,以保证搜索过程的有效性和多样性。众多的计算实例表明,禁忌搜索与其他已有的技术和方法相比已经成为最突出的优化技术。即便如此,由于算法实质的局限性,局部搜索太贪婪地对某一个局部区域以及其邻域搜索,禁忌搜索算法仍难免存在早熟收敛的情况[2]。

本文提出对算法的一种改进思路,通过介入对候选值的审核,改变搜索策略,采取同时对比两项指标的办法,在保持并强化了禁忌搜索具有较强局部搜索能力的优点的前提下,有效地降低因候选解和当前解选择不当而陷入局部最优的概率。较之传统算法,虽然在时间上没有改进,但是在解的质量上有了大幅度的提升。

2 禁忌算法的改进

2.1 传统的禁忌算法:

禁忌搜索是人工智能的一种体现,是局部领域搜索的一种扩展。算法通过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是一种独具特点的算法[3]。

收稿日期:2011-12-13

作者简介:彭 茂(1987—),男,湖南长沙人,硕士研究生,研究方向:人工智能及应用(E-mail:pengmao24@163.com)。

禁忌搜索最重要的思想就是标记对应已搜索的局部最优解的一些对象,并在进一步的迭代搜索中尽量避开这些对象(而不是绝对禁止循环),从而保证对不同的有效搜索途径的探索。但是由于传统算法的禁忌条件的局限性,算法在运行过程中仍有较大的可能性陷入局部最优[4]。

2.2　算法的改进思路:

通过大量的数据验证我们发现,禁忌搜索是在领域搜索的基础上,通过设置禁忌表来禁忌一些已经历的操作,并利用藐视准则来奖励一些优良状态,其中领域结构、候选解和当前解的选择、禁忌长度、禁忌对象、藐视准则、终止准则等是影响禁忌搜索算法性能的关键[5]。

从构成禁忌搜索算法的关键因素里,我们选取了禁忌对象、禁忌表和藐视准则来进行优化和改进。其中,邻域函数沿用局部邻域搜索的思想,用于实现邻域搜索;禁忌表和禁忌对象的设置,体现了算法避免迂回搜索的特点;藐视准则,则是对优良状态的释放,它是对禁忌策略的一种放松[9]。本文的改进算法,打破了传统算法仅简单的使用目标值作为从候选解中选择当前解的办法,采用目标值与分量变化综合评价的候选解和当前解选择策略,构造出一种全新的禁忌搜索算法。与传统的优化算法相比,算法的主要特点是[6]:

1)在搜索过程中可以接受相对一种指标的劣解,因此具有较强的"爬山"能力;

2)新解在当前解的邻域中随机产生,但是新解不在是以唯一的目标函数值为依据,而是通过特定搜索操作和搜索目标值两项指标结合的方式确定非禁忌的最佳解,因此选取优良解的概率远大于其他解。

以下 TSP 问题为例,两项指标分别为:邻域解路径长度变化率和邻域解路径变化率,我们把城市的节点设为 n,tspnew 数组用来存放邻域解的相关数据,0 到 n−1 按照排序存放节点的路径(之后用来计算路径改变比例)其他具体如下:

tspxnew[i, n]= city_one; //记录改变前的第一个节点

tspxnew[i, n+1]= city_two;// 记录改变前的第二个节点

tspxnew[i, n + 2] = i;// 当前领域解所在候选解的位置

dis = tspxnew[i, n + 3] = prop. distance (tspchange, n, arraydis); //邻域解的长度

tspxnew[i, n + 4] = Number;// 路径改变比例

tspxnew[i, n + 5] = best − best / dis;// 长度改变比例

tspxnew[i, n + 6] = Number + tspxnew [i, n + 5];// 路径改变比例,长度改变比例之和

其中邻域解目标值改变值为邻域解的路径长度减去当前解的路径长度再除以当前解的长度,邻域解路径改变值为按照 0 到 n−1 排序依次与当前解的路径进行对比,如果相同就在 1 的基础上减去 1/n。

3)在设定好候选值数目的前提下,我们不再使用传统的藐视准则来约束。而是把所有的领域解看成是"准候选解"一一与当前最优解作比较,通过计算与当前最优解的比例累加来确定候选值和最优解。

4)充分利用"记忆装置"(即禁忌表),并优化禁忌表内的变量,使其具有更好的健壮性。通过两个变量比例来选取候选值邮箱的提高了候选值的质量,进而改善了禁忌对象,就好像是把短时记忆和长时记忆相结合。优化后的禁忌表使得算法更具有记忆功能的优势,这使得算法可以接受更多的劣解,即接纳一部分较差的解,以便确定性地跳出局部最优,并与其它智能算法相区别开来[8]。

2.3　算法的基本步骤

1)给定算法参数(候选解解个数、禁忌步数、终止准则的循环步数等),随机产生初始解 tspx(数组里包括路径和目标值),置禁忌表为空。

2)判断算法终止条件是否满足?若是,则结束算法并输出优化结果;否则,继续以下步骤。

3)利用当前解的邻域函数产生其所有(或若干)邻域解,并将其放入新数组 tspselect(数组里包括路径和目标值)。将新数组 tspselect 与随机产生的初始解 tspx 进行一一比对,选出候选解。

4)全新定义的藐视准则:按照路径的不相似度和目标函数的相似度进行比例累加,百分比分数高的为候选解。

对候选解判断藐视准则是否满足?若成立,则用满足藐视准则的最佳状态 tspnew 替代 tspx 成为新的当前解,即 tspx = tspnew,并用与 tspnew 对应的禁忌对象替换最早进入禁忌表的禁忌对象,同时用 tspnew 替换"best so far"状态,然后转步骤 6;否则,继续以下步骤。

5)判断候选解对应的各对象的禁忌属性,选择候选解集中非禁忌对象对应的最佳状态为新的当前解,同时用与之对应的禁忌对象替换最早进入禁

忌表的禁忌对象元素。

6)判断是否满足结束条件,若是则结束,否则转步骤 2)。

同时,上述算法流程图更直观地描述,如图 1 所示。

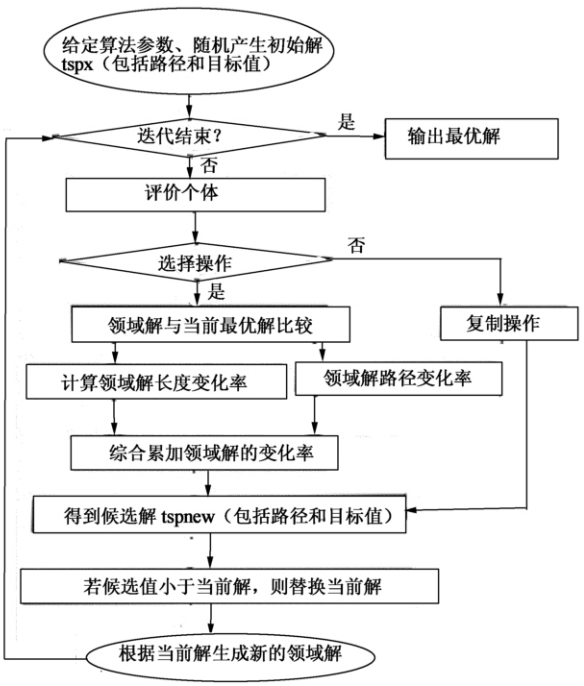

图 1 改进禁忌搜索算法流程图

3 实 验

巡回旅行商问题(Traveling Salesman Problem,称 TSP),也称为货郎担问题,最早可以追溯到 1759 年 Euler 提出的骑士旅行问题 自 1932 年 K. Menger 提出以来,已引起各领域许多研究者的兴趣。而今,TSP 在 VLSI 芯片设计、网络路由、车辆选路等领域有着广泛应用[7]。换句话说 TSP 问题就是对 n 个城市,要找一条走遍每个城市一次且仅一次的一条闭合的最短路径[1]。

以 30 个城市的 TSP 问题为实验对象,30 个城市的坐标为:{ 41, 94 }, { 37, 84 }, { 54, 67 }, { 25, 62 }, { 7, 64 }, { 2, 99 }, { 68, 58 }, { 71, 44 }, { 54, 62 }, { 83, 69 }, { 64, 60 }, { 18, 54 }, { 22, 60 }, { 83, 46 }, { 91, 38 }, { 25, 38 }, { 24, 42 }, { 58, 69 }, { 71, 71 }, { 74, 78 }, { 87, 76 }, { 18, 40 }, { 13, 40 }, { 82, 7 }, { 62, 32 }, { 58, 35 }, { 45, 21 }, { 41, 26 }, { 44, 35 }, { 4, 50 }(该问题的最优解由 DBFogel 解得为 423.241)。初始条件:禁忌长度为 50,从 2—opt 领域中随机选择 200 个领域解,选择其中 100 个最佳解组成候选集,终止步数为 2000。

表 1 改进算法的 10 次求解情况

	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次
最优解	423.94	423.74	424.57	429.58	423.94
	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次
最优解	423.74	442.98	423.74	452.86	423.74

首先,我们进行 10 次求解的测试,从表格中的数据我们不难发现此算法求解具有较好的稳定性,同时能够得到质量较高的解。在理想解为 423.71 的情况下,我们能够到 423.74 的最优解,这几乎等于问题的理想解值。同时在 10 次实验中,有 8 次的最优解是非常接近理想解的,这无疑也证实了改进后算法同样具有突出的稳定性。

表 2 改进算法与经典算法不同迭代次数的最优解比较

	改进算法	经典算法
迭代 1 次	1232.07	1287.14
迭代 5 次	878.39	930.14
迭代 50 次	516.17	580.80
迭代 100 次	464.16	431.43
迭代 500 次	425.71	425.25
迭代 1000 次	425.71	424.59
迭代 1500 次	424.72	424.58
迭代 2000 次	423.74	424.57

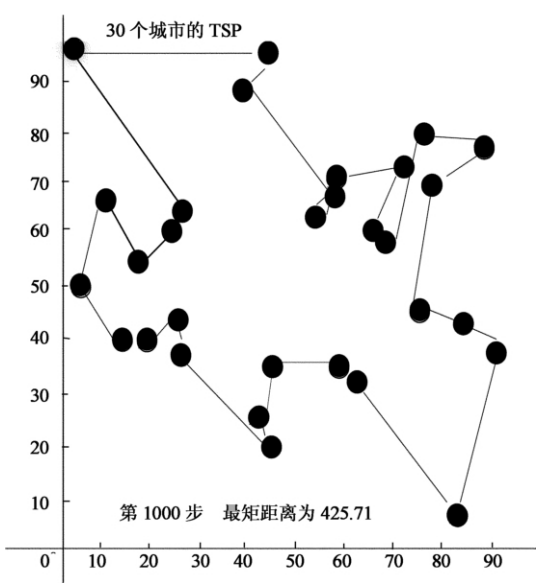

图 2 改进算法所获得的最优解

我们根据求解过程中产生解的情况进行分析,迭代次数是我们选择的一个重要对象,根据不同迭代次数下产生的解进行了更近一步探索、研究。研

究数据表明,前 500 次的迭代效果继承了传统算法较强的收敛性和独有的局部搜索能力,而在接下来的 1500 次迭代中又通过新的搜索策略(两个不同变量和当前解的对比得到最佳的候选值)有效地降低了陷入局部最优的情况,使得算法更接近理想解。在上表中我们可以看出在 500～2000 次迭代之间改进算法对比原始算法有更强的收敛性,能够有效地提高解的质量。

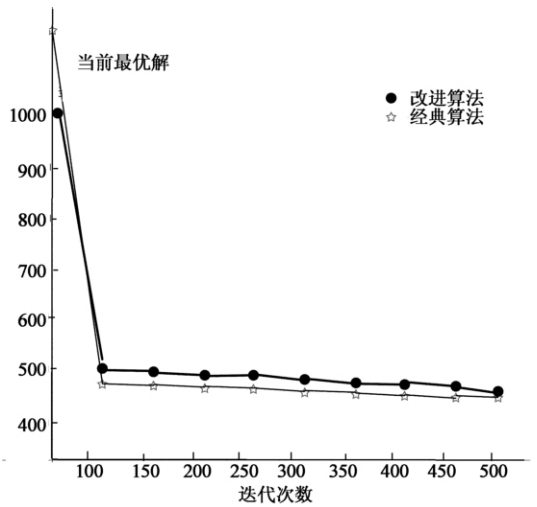

图 3　0－500 次迭代两算法的比较图

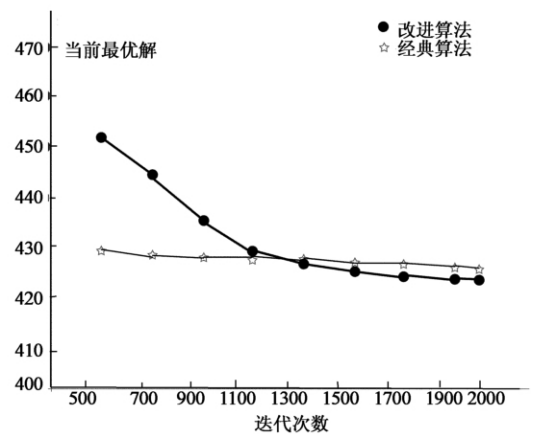

图 4　501－2000 次迭代两算法的比较图

4　结　语

改进后的算法具有灵活的记忆功能和全新定义的藐视准则,这使得整个搜索过程中可以接受相对一种指标的劣解,从而具有较强的"爬山"能力。搜索时能够跳出局部最优解,转向解空间的其他区域,从而增大获得更好的全局最优解的概率。所以可以说改进后的禁忌算法是一种局部搜索能力很强的全局迭代寻优算法。

参考文献

[1] Fred Glover, Manuel Laguna Tabu search[M], USA: Kluwer Academic Publishers 1997.

[2] 王凌. 智能优化算法及其应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2001.

[3] 王竹芳,潘德惠. 用遗传:禁忌搜索混合算法求解组合投资问题[J]. 东北大学学报:自然科学版, 2006, 27(1): 111－114.

[4] 肖丽,刘光远,贺一等. 基于禁忌搜索的模糊神经网络结构优化[J]. 计算机科学, 2006, 33(7): 217－219.

[5] 宋晓宇,孟秋宏,曹阳. 求解 Job Shop 调度问题的改进禁忌搜索算法[J]. 信息工程与电子技术, 2008, 30(1): 94－96.

[6] 黄志,黄文奇. 一种基于禁忌搜索的作业车间调度算法[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(3): 12－14.

[7] 段凤华,符卓. 有软时窗约束带取送作业的车辆路径问题及其禁忌搜索算法研究[J]. 计算机工程与科学, 2009, 31(3): 68－70.

[8] 陈年生,李腊元,董武世,等. 基于禁忌搜索的 QoS 路由算法[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(8): 134－136.

[9] 康雁,黄文奇. 基于禁忌搜索的启发式算法求解圆形 packing 问题[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(9): 1554－1558.