

基于遗传退火算法的路径选择问题求解

简亮 郑州航空工业管理学院 河南郑州 450000

基金项目：国家自然科学基金(71371172)

摘要：路径选择问题在企业物料运输、测控点控制等环节比较常见，此问题受到企业的广泛关注。文章总结了该问题的数学模型，并结合遗传算法与模拟退火算法设计一种混合智能算法，然后运用程序模拟求解并分析结果，进而总结算法的可行性与性能。

关键词：路径选择；遗传算法；模拟退火算法

DOI:10.14097/j.cnki.5392/2017.03.105

一、引言

路径选择优化问题就是在将给定的点全部串联起来得到的路径集中筛选出总路程最短的路径，该最短的路径称为最优路径。在企业的物料运输中运用比较常见，特别是在测控点遍历控制中的应用较为突出。

路径选择问题是典型的NP难组合优化问题，其计算量随着路径控制点的增加呈指数上升趋势。目前，解决该问题的常见方法主要有：动态规划法、分支定界法以及人工智能算法。随着计算机计算的普及，人工智能算法在求解复杂组合优化问题中的应用得到广泛应用。在路径选择优化问题求解中常用的智能算法有：禁忌搜索算法、粒子群算法、遗传算法、模拟退火算法等。遗传算法是模拟生物进化论的遗传和进化过程的计算模型，是一种自适应性较好的全局搜索算法，具有较好的全局寻优能力，但是传统遗传算法虽然运算效率高但容易过早收敛而丢失全局优化解。模拟退火算法起源于固体退火原理，其根据固体降温的特点来设计算法，在温度较高时，比较容易接受劣化解，而随着温度的降低，算法就逐渐降低接受劣化解的概率，当温度趋于零度时，算法不再接受劣化解。模拟退火算法具有较强的随机性，能够以一定概率接受劣化解，结合遗传算法可以在一定程度上改善传统遗传算法的“早熟”问题。

文章运用遗传算法的思想结合模拟退火算法概率接受劣化解的特性设计了一种针对路径选择问题的混合优化算法。

二、问题模型

路径选择优化问题从定义上来看是比较简单的问题，给定 n 个地点以及相应坐标 (x_i, y_i) ，其中 $i \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$ 。通过计算找出连通所有地点且每个地点只连通一次的最短路径。相应的数学表示如下：

设 $G=(V, E)$ 为赋权图，其中 $V=\{1, 2, 3, \dots, n\}$ 为表示地点的顶点集， E 为表示两地点间的路线的边集，各顶点间的距离 $D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$ ，其中 $i, j \in V$ 。并假设变量 X_{ij} ，以此表示从地点 i 到地点 j 的线路， X_{ij} 取值如下：

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{地点 } i \text{ 到 } j \text{ 在最短路径上} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

则路径选择优化问题的数学模型可表示为：

$$\begin{aligned} D_{\min} &= \min_{i,j \in V} X_{ij} D_{ij}, i \neq j \\ s.t. &\begin{cases} \sum_{i \neq j} X_{ij} \leq 1, & i \in V \\ \sum_{i \neq j} X_{ij} \leq 1, & j \in V \\ \sum_{i \neq j} X_{ij} = n - 1, & i, j \in V \end{cases} \end{aligned}$$

三、算法设计

目前解决路径选择优化问题的常用方法中遗传算法的应用十分广泛，遗传算法是一种启发式搜索算法，算法主要包含交叉、选择、变异三大运算过程，文章中设计的算法主要应用了遗传算法的变异过程，并在选择运算过程中引入模拟退火算法的接受新解策略。

(一) 算法编码

遗传算法采用编码的方式来表示问题参数，编码串码与所要解决的问题可行方案之间必须构成一一对应关系。在算法运算过程中，需要对问题进行多次编码与解码操作。针对路径选择优化问题的编码方式主要有：顺序表示法、路径表示法、近邻表示法和边表示法。本文中采用的编码方式就是其中的路径表示法，即以依次通过各个地点的顺序作为算法的编码串码。

(二) 目标函数

在智能算法中，目标函数值是最终评价算法所得解优劣性的唯一标准，目标函数的设定必须能够准确表达出实际问题的状况。文章中采用的是连通所有地点的路径距离总和作为算法的目标函数，如下：

$$F(x_i) = \sum_{j=1}^{n-1} d(x_{ij}, x_{i(j+1)})$$

其中 n 表示总共 n 个地点， x_i 表示算法运算过程中的第 i 条可行路径， x_{ij} 表示第 i 条可行路径上第 j 个经过的地点， $d(x_{ij}, x_{i(j+1)})$ 表示第 i 条可行路径上从第 j 个经过的地点到第 $j+1$ 个地点间的距离。该目标函数 $F(x_i)$ 值越小表示所得解越接近问题最优解。

(三) 选择过程

选择过程是确定是否以算法迭代产生的新解替代当前解的过程，文中在此运算过程中引入模拟退火算法的接受准则，在一定范围内，概率性接受劣化解。

状态1 $F(x_{i+1}) < F(x_i)$ ，即新解目标函数值小于当前解目标函数值，接受新解。

状态2 $F(x_{i+1}) > 1.3F(x_i)$ ，维持当前解。

状态3 $F(x_i) \leq F(x_{i+1}) \leq 1.3F(x_i)$ ，则结合模拟退火算法思想以一定概率接受新解。

针对状态3，给定初始温度 $T_{\max} = 100$ ，降温系数 $r = 0.95$ ， $r = 0.95_r$ ，最低温度 $T_{\min} = 0.01$ 。新解接受概率如下：

$$p(x_{i+1}) = e^{\frac{F(x_i) - F(x_{i+1})}{T}}$$

(四) 变异操作

在当前解的编码串码上，随机选取两对相邻的编码进行调换操作，在调换时其中一对编码同时进行倒置操作，由此过程得到变异后的新解，然后对新解进行选择操作过程。变异过程详细如下：

步骤1，编码1 123456789 随机选取两对相邻编码，如23以及67。

步骤2，编码2 167452389 调换编码1中选取的两对编码23和67。

步骤3，编码3 176452389 将编码67进行倒置操作，得到新的编码串码。

四、算法流程

文中算法首先通过随机过程获得一个可行的初始路径，然后通过变异操作得到新的路径，并对新解进行选择运算，循环变异和选择过程得到优化解。当算法满足停止条件或无法再得到更优化的解时，停止运算，输出当前优化解。

五、仿真实验

对于路径选择优化问题，给出20组测控控制点网的坐标数据，利用MatLab编程对这20组坐标数据进行模拟计算分析。坐标数据如下表1所示：

表1 控制点坐标

控制点	坐标X	坐标Y	控制点	坐标X	坐标Y
1	369	769	11	630	299
2	71	724	12	64	523
3	636	186	13	659	767
4	138	411	14	692	503
5	115	508	15	527	447
6	651	386	16	402	17
7	374	411	17	662	611
8	646	143	18	42	483
9	191	425	19	715	213
10	484	344	20	502	175

(一)实验结果

为了检验文中设计算法的可行性，利用计算机进行编程模拟计算(运算环境：操作系统Windows 7 64Bit，内存8G，编程工具MatLab R2012a)。将上述20组控制点坐标数据代入MatLab程序模拟运算后的相关结果如下图1、图2以及表2所示：

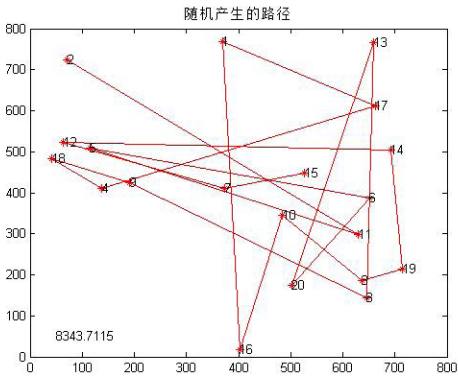


图1 初始路径图

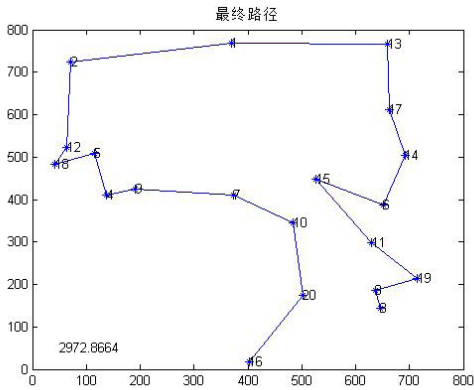


图2 最终路径图

表2 运算结果统计表

运算次数	最终结果	偏差百分比
1	2932.3	2.0
2	3035.7	1.5
3	2974.1	0.6
4	2912.7	2.6
5	2972.9	0.6
6	3080.7	3.0
7	3100.7	3.6
8	3035.3	1.5
9	2912.7	2.6
10	2958.7	1.1
average	2991.6	1.9

(二)结果分析

从上述图1、图2对比能够看出算法对于问题的求解优化效果明显，由表2可以看出算法的整体稳定性良好，结果的偏差范围较小。

六、结语

针对复杂组合优化问题的智能算法很多，遗传算法是其中应用较为广泛的算法之一。文中探讨了结合遗传算法思想和模拟退火算法接受准则的针对路径选择优化问题求解的一种混合算法，并详细论述了算法的理论和运算过程。通过编程试验结果可以得出，文中提出的算法在路径选择优化问题的求解中是可行的，算法的收敛效果和稳定性也比较良好。但是该算法的运算效率还有所欠缺，在大量数据的路径选择优化问题中的推广还不太适用，尚且需要以后进一步的研究完善。MB

参考文献：

[1]董宗然,陈明华,李迎秋.最短路径问题的禁忌搜索求解方法[J].计算机工程与应用,2010,46(33):36-38.
[2]詹仕华,王长缨,钟一文.求解TSP问题的伪贪婪离散粒子群优化算法[J].小型微型计算机系统,2011,32(1):181-184.
[3]刘汝正.基于遗传算法的最短路径的计算[J].微计算机信息,2007,15(24):214-215.
[4]张盛意,蔡之华,占志刚.基于改进模拟退火的遗传算法求解0-1 背包问题[J].微电子学与计算机, 2011,28(2):61-64.
[5]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.
[6]徐琼,陈荣清.基于遗传算法最短路径问题的探讨[J].华东地质学院学报,2003,26(2).

作者简介：

简亮，男，1990年3月，汉族，生于湖北天门，硕士研究生，管理科学与工程专业，先进制造技术管理方向。