

## 优化网络布置费用的遗传算法

# The Genetic Algorithm of Optimizing of Network Arrangement Cost

曾祥理,袁 钢,钱俊彦

ZENG Xiang-li, YUAN Gang, QIAN Jun-yan

(桂林电子科技大学计算机科学与工程学院,广西桂林 541004)

(School of Computer Science and Engineering of Guilin University of Electronic Technology, Guilin, Guangxi, 541004, China)

**摘要:**【目的】针对网络布置费用的优化问题,利用基本遗传算法的良好搜索性能,设计出优化网络布置费用问题的遗传算法。【方法】通过分析网络布置费用的优化问题,抽象出网络模型,并将该问题转化为求解无向图中最小生成树的问题。【结果】基于遗传算法基本原理和抽象出的网络模型,设计出一种优化网络布置费用的遗传算法。【结论】应用遗传算法解决网络结构优化问题,可以让用户在短时间里获得一个比较满意的结果。

**关键词:**遗传算法 网络优化 最小生成树 单亲换位算子

**中图分类号:**TP311 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2014)01-0044-03

**Abstract:**【Objective】Based on the search performance of genetic algorithm a genetic operators is designed, which can optimize the cost of network arrangement.【Method】The network model is abstracted through analyzing the network optimization problems. Then these problems are turned into solving minimum spanning tree problem of undirected graph.【Result】We designed a suitable genetic algorithm to optimize the network arrangement cost, which is based on the basic theory of genetic algorithms and the abstracted network model.【Conclusion】Genetic algorithm is applied to solve network optimization problems so that users obtain the more satisfactory results within an acceptable time.

**Key words:**genetic algorithm, network optimization, crossover, mutation

【研究意义】网络布置费用优化问题就是求解符合要求前提下的网络布置最小费用的问题<sup>[1]</sup>。随着网络的不断发展,用户对网络的性能要求越来越高,网络的规模也越来越大,因此在网络规划时对网络布置费的优化显得十分重要。传统优化方法大都是应用一些启发式搜索的算法,如贪婪算法、分支限界算法等技术<sup>[2]</sup>。网络布置费用优化是NP完全问题,具有复杂性特点,通常建立的数学模型也非常复杂。而且,随着网络规模的扩大,解空间成指数增长,传统算法已显示出相当局限性,已不能为网络布置费的优化问题提供很好的解决方案。虽然遗传算法不一定能够求得最优解,但是可以较快速得到极优解,当遗传算法叠代次数非常大时,可能

会求得最优解或者趋近于最优解<sup>[3]</sup>。因此,遗传算法在搜索最优解和搜索效率之间取得一个折衷,可以让用户在短时间里获得一个比较满意的结果。【前人研究进展】已有学者证明遗传算法有利于对解空间进行搜索,加快对解的搜索速度,便于推广到多结点的网络优化设计中,是解决网络优化问题的有效工具<sup>[4]</sup>。【本研究切入点】网络布置费用的优化就是在建立适当的网络模型后求网络中最小生成树的问题。【拟解决的关键问题】本文将通过分析网络布置费用优化问题,设计适用于求解网络布置费用优化问题的单亲遗传算子。

## 1 遗传算法

演化算法是基于自然进化的优化技术,依据达尔文的生物进化论,模拟自然界物种进化的过程——选择、变异、重组、复制。遗传算法是演化算

法中的一个分支,基于适者生存、优胜劣汰的遗传机制演化而来的随机化搜索方法<sup>[5]</sup>。遗传算法已被应用到很多领域,如物流配送车调度优化<sup>[6]</sup>、入侵检测技术<sup>[7]</sup>等。其基本过程:首先,将个体以染色体的形式(位串或序列)呈现出来,即对实际决策变量的编码,每条染色体代表一个解决方案;其次,由于一定数量个体的集合就构成了种群,那么通过适应度函数找到精英染色体,然后在这些染色体中通过交叉或变异运算产生新个体,如此反复,算法经过预设的代数或者是达到最优个体适应度后才终止。

## 2 求解网络路径优化的遗传算法

### 2.1 网络模型

网络的拓扑路径优化即根据网络流量及负载实现网络布置费用最低。网络拓扑结构可以使用带权无向图来表示,那么求解网络布置费用的问题就可以转化为求解带权无向图的最小生成树问题<sup>[8]</sup>。

假设网络有  $N$  个节点,可以表示为带权无向图  $G(N, E)$ 。 $N$  表示无向图  $G$  所有节点的集合;  $E$  表示无向图  $G$  所有边的集合。其中,  $|N|$  则表示图  $G$  的顶点个数;  $|E|$  则表示图  $G$  边的数量。 $e_{i,j}$  表示图  $G$  顶点  $i$  与顶点  $j$  的权值,即通信网络中的布置费用。图的存储方式有多种,可以使用邻接矩阵、上三角邻接矩阵、十字链表和邻接多重表等方式表示<sup>[8]</sup>。本文中网络费用和网络连接状态都采用上三角邻接矩阵表示:

$$\begin{bmatrix} 0 & e_{1,2} & e_{1,3} & \cdots & e_{1,n} \\ & 0 & e_{2,3} & \cdots & e_{2,n} \\ & & \cdots & \cdots & \cdots \\ & & & 0 & e_{n-1,n} \\ & & & & 0 \end{bmatrix}$$

此外,要求得最小生成树必须满足以下几个条件:

- 1) 每个节点都能够连接到其他任一节点;
- 2) 网络对应的无向图必须是连通图;
- 3) 任一节点最多只能与  $K$  个节点相连;
- 4) 任何两个节点之间必须明确能连接与不能连接。

假设  $\begin{cases} x_{i,j} = 1, i \text{ 与 } j \text{ 连接} \\ x_{i,j} = 0, \text{其他} \end{cases}$ , 那么解空间可表示

为  $(x_{1,2}, x_{1,3}, \dots, x_{1,n}, x_{2,3}, \dots, x_{n-1,n})$ , 对应的网络费用可记为  $(c_{1,2}, c_{1,3}, \dots, c_{n-1,n})$ 。因此,解空间中连接状态乘以对应的网络费用的累加和就是网络费用。求得这个累加和的最小值就是最优解。网络费

用的数据模型如下:

$$C(x) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n c_{i,j} x_{i,j}。$$

### 2.2 算法描述

遗传算法的基本步骤:首先对问题进行编码,其次就是初始化种群,然后再进化,循环执行进化操作直到满足终止条件为止。将遗传算法应用到网络路径优化中,关键步骤就是要解决采用什么样方式的编码,怎样初始化种群,以及进化过程是如何进行选择、交叉和变异等算子的运算。本文遗传算法的步骤如下:

- 步骤 1 以二进制串形式对模型编码;
- 步骤 2 随机产生为连通图的种群;
- 步骤 3 应用单亲换位算子对群体进行进化;
- 步骤 4 计算群体各自的适应度;
- 步骤 5 判断是否终止,如果满足条件转到步骤 7,否则跳到步骤 6;
- 步骤 6 根据适应度以转盘赌算法选择群体,转到步骤 3;
- 步骤 7 算法结束,输出结果。

算法流程如图 1 所示。

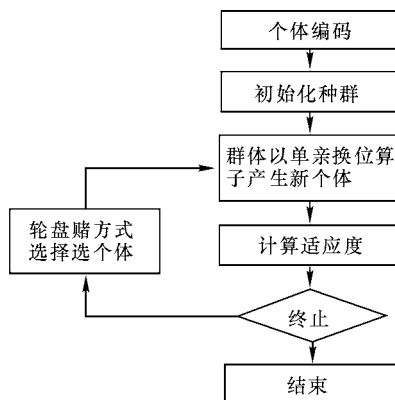


图 1 算法流程

1) 个体编码。采用上三角邻接矩阵的存储方式,基于这样的方式,用一个二进制串编码来表示该无向图的子图。二进制长度为图中边的数目。编码中每个二进制字符的取值为 1,则对应边是构成这个子图的组成边;取值为 0,则不是构成该子图的边。例如,图 2(a) 所示的无向图中有 6 个节点 10 条边,括号内为边的权值,括号外是边的序号。图 2(b) 为图 2(a) 的一个子图,由 3、4、6、8 和 9 五条边组成,该二进制串可表示为 {0011010110}。

2) 种群初始化。种群初始化采用一般方式,用随机化初始种群。基于生成树的特点,随机生成的群体满足编码中字符“1”的个数等于无向图中顶点数减 1。

3) 适应度函数。适应度就是为了在进化过程中能提供一个良好的遗传机制,在网络路径优化中就是要选择网络费用较低的编码作为遗传因子。我们利用深度优先搜索算法对每一个子图进行搜索,如果搜索到的顶点数等于无向图的顶点数,则说明该编码对应的子图就是连通图。优先选择即把连通子图的编码作为下一代的基因。本文的适应度函数为

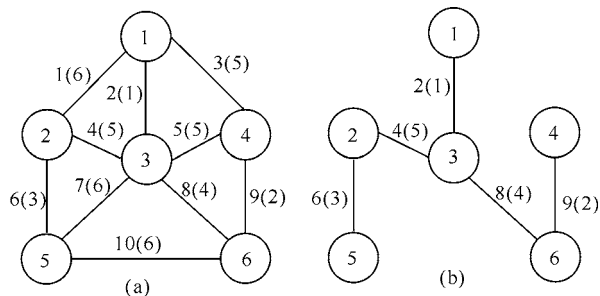


图2 无向图(a)及其生成树(b)

$$F(x) = \begin{cases} \frac{1}{C(x)}, & \text{生成树,} \\ 0 & \text{其他,} \end{cases}$$

式中  $C(x)$  表示某一子图的网络费用。在遗传算法的进化过程中,如果某一子图不是生成树,则设置其适应度值为 0。

4) 群体进化。群体进化过程包括基因选择、交叉和变异的运算<sup>[9]</sup>。基因的选择是根据前面设计

表1 群体进化过程

选择群体	群体编码	换位规则	进化结果	是否连通	适应度
1,3,5,7,9	1010101010	随机指定交换,假设 2,6号位互换	1010101010	是	1/24
2,4,7,8,10	0101001101		0001011101	否	0
2,5,6,7,9	0010111010		0110101010	否	0
4,6,8,9,10	0001010111		0101000111	是	1/18

### 3 结束语

遗传算法应用的关键就是,针对不同的问题设计出合适的编码、快速收敛的初始化方式、有效的适应度函数和良好的进化算子。本文基于遗传算法基本原理,设计了一种适合求解网络布置费用优化问题的遗传算法,详细阐述了该算法过程中的适应度函数计算、单亲换位算子,并以表格的方式解释了其中的一次进化过程。

#### 参考文献:

- [1] 沐士光. 遗传算法在网络优化问题中的研究与应用[J]. 计算机仿真, 2010, 27(5): 128-181.
- [2] 单晓娟. 智能计算及其在网络优化中的应用[D]. 济南: 山东大学, 2007.

的适应度来评判,适应度越大被选择的概率越高。由生成树的特点知道,在节点数为  $N$  的生成树中,其边数一定为  $N-1$ 。因此,字符“1”的个数为  $N-1$  的编码才有可能生成生成树,否则一定不是生成树。为了减少不可行解的生成,只对字符“1”个数为  $N-1$  的编码进行连通性检测,计算其适应度。

基因选择部分提到,生成树具有边数等于顶点数减 1 的特点,那么应用普通遗传算法进行交叉运算时必然会产生大量不连通的子图。因此,本文设计一种单亲换位算子。所谓单亲换位算子就是在选择的基因上随机选取几个点进行交换产生新的基因。字符的交换显然不会改变字符“1”的数量,因此该方法能有效减少非连通子图这种劣质基因的产生。普通遗传算法中都会设计一个变异算子,由于变异会改变编码中字符“1”的个数,即改变子图的边数,那么生成的子图一定不是连通的,违反了生成树的特点,而本文去除了变异算子。群体进行一次化过程如表 1。从表 1 中可以看出, (2,4,7,8,10) 群体对应编码为 (0101001101), 执行 2、6 号位互换的操作后编码为 (0001011101), 进化后连通性为否,其适应度为 0。这里上级群体只有 (2,4,7,8,10), 而不像基本遗传算法中会有两个群体,这就是进化过程的单亲换位算子。

- [3] 王宏亮. 基于遗传算法的网络优化的研究与实现[D]. 沈阳: 东北大学, 2005.
- [4] 陈国良. 遗传算法及其应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996.
- [5] 李敏强. 遗传算法的基本理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [6] 吴璟莉, 李陶深. 基于遗传算法的物流配送车调度优化算法[J]. 广西科学院学报, 2005, 21(4): 209-211.
- [7] 王艳萍, 王文莉. 基于遗传算法的网络入侵检测[J]. 微计算机信息, 2009, 25(5-3): 53-54.
- [8] 严蔚敏, 吴伟民. 数据结构: C 语言版[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [9] Ren Q S, Ye Z X, Zeng J, et al. Search capability of crossover operator[J]. Journal of Computer Research and Development, 1999, 36(11): 1317-1322.