

求解最短路径的遗传算法中若干问题的讨论

徐庆征^{1,2}, 柯熙政¹

(1. 西安理工大学 自动化与信息工程学院, 陕西 西安 710048; 2. 西安通信学院, 陕西 西安 710106)

摘要: 针对道路交通网络中的最短路径问题, 讨论了遗传算法中遗传算子的设计及运行参数的选择, 提出一种新的交叉算子, 提高了种群多样性。通过计算机仿真实验, 比较了多种遗传算子设计方案的优劣及不同运行参数对算法效果的影响, 为实际应用提供了参考。采用 VC 语言实现该遗传算法, 并应用于实际的电子地图中, 结果表明了算法的有效性和实用性。

关键词: 最短路径; 遗传算法; 遗传算子; 参数选择; 电子地图

中图分类号: TP301.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7024(2008)06-1507-03

Genetic algorithm analysis for shortest path

XU Qing-zheng^{1,2}, KE Xi-zheng¹

(1. School of Automation and Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. Xi'an Communication Institute, Xi'an 710106, China)

Abstract: How to design genetic operator and select parameter using the genetic algorithm is discussed to solve the shortest path problem in traffic network, and a new crossover operator is proposed to increase the population diversity. The performances of some genetic operators and parameters are comprised by computer simulation. The genetic algorithm is achieved by VC++. The application result in the practical electronic map indicates that the genetic algorithm is effective and practicality.

Key words: shortest path; genetic algorithm; genetic operator; parameter selection; electronic map

0 引言

最短路径问题是一类受到普遍重视和研究的网络优化问题, 广泛应用于计算机科学、交通工程、通信工程、系统工程、运筹学等众多领域。它为研究更复杂的网络流问题提供了基础, 是解决其它许多复杂网络优化问题的子问题之一。从目前国内外研究现状^[1-4]来看, 基于遗传算法的最短路径问题的研究比较零散, 缺乏比较系统和全面的研究。

本文讨论求解最短路径问题的遗传算法中遗传算子的设计以及参数的选择, 通过仿真实验, 比较多种遗传算子设计方案的优劣以及不同运行参数对于算法效果的影响, 并将遗传算法应用于西安市电子地图中。

1 求解最短路径问题的遗传算法设计

1.1 染色体编码方案

对于最短路径问题, 染色体编码方案通常有两种方式: 基于顺序表示的染色体编码方案和基于路径表示的染色体编码方案。徐琼^[4]等人研究后认为, 基于顺序表示的染色体编码收敛迅速, 但是选择压力太大, 容易出现早熟收敛, 在几代之内就趋于一局部最优解。相对而言, 基于路径表示的染色体编

码的效果较好, 收敛速度较为合理, 寻优性能较佳。因此, 本文全部采用基于路径的染色体编码方案。

1.2 种群初始化

对于初始化种群通常有完全随机选择和启发式选择两种方式。完全随机选择方式, 使得适应度低的染色体也可能被选中而加入到遗传机制当中, 它适合于对问题的解没有任何先验知识的情况。启发式选择尽可能选择适应度高的个体, 使得遗传算法更快的到达最优解, 但同时减少了种群的多样性, 使得算法易于过早成熟。因此, 本文全部采用完全随机方式产生初始化种群。

1.3 适应度函数

本文的适应度函数定义为

$$f_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^{l_i-1} C_{g(j)g(j+1)}} \quad (1)$$

式中: f_i ——第 i 条染色体的适应度, l_i ——第 i 条染色体的串长, $g(j)$ ——第 i 条染色体的第 j 个节点, C ——节点间的邻接权。

在遗传进化的初期, 可能会产生一些适应度相当高的超常个体, 出现所谓的“早熟现象”, 影响算法的全局优化性能。在遗传进化的后期, 选择机制可能趋向于随机选择, 使进化过程陷于停顿状态。针对上述问题, 可以对适应度函数采用尺度变

收稿日期: 2007-04-09 E-mail: syesun@hotmail.com

作者简介: 徐庆征 (1980—), 男, 山东临清人, 硕士, 助教, 研究方向为网络规划; 柯熙政 (1962—), 男, 陕西临潼人, 教授, 博士生导师, 研究方向为大气激光通信、现代信号处理。

换的方法来解决。本文重点研究线性尺度变换函数^[9]方法。

1.4 选择算子

选择也称为复制或繁殖,是从旧种群中选择优质个体,淘汰部分个体,产生新种群的过程。选择算子不产生新的个体,优质个体得到复制,使种群的平均适应度得到了提高。

1.4.1 轮盘赌选择

轮盘赌选择是遗传算法中最基本也是最常用的选择方法。其基本思想是:各个个体被选中的概率与其适应度大小成正比。适应度越高的个体被选中的概率越大,反之,适应度越低的个体被选中的概率也越小。其具体算法参见文献[6]。

1.4.2 随机联赛选择

在随机联赛选择^[9]中,随机的从种群中挑选 s 个个体,然后将最好的个体选做子代个体。这个过程反复进行完成个体的选择。通常 $s=2$,当 s 越大时,选择压力也越大。

1.4.3 排序选择

排序选择方法的主要思想是:对群体中的所有个体按其适应度大小进行排序,基于这个排序来分配各个个体被选中的概率。其具体操作过程参见文献[7]。

1.5 交叉算子

交叉操作是由一对父代染色体通过交换部分基因生成子代染色体。

1.5.1 相同点交叉

针对最短路径问题的具体需要,相同点交叉只允许在重复节点位置交叉且只能进行一点交叉。其具体操作参见文献[8]。

1.5.2 不同点交叉

为了提高种群的多样性,本文提出了一种新的单点交叉方案。当交叉算子应用于父代个体 V_1 和 V_2 时,具体操作过程如下:①从个体 V_1 和 V_2 中分别随机的选择两个交叉点 i 和 j ;②将 V_1 中 i 后面(或前面)的基因和 V_2 中 j 后面(或前面)的基因交叉,形成两个新的染色体;③判断新的个体是否合法,如果合法则这两个新个体就是两个子代个体,算法结束;否则,转①。

1.6 变异算子

1.6.1 删除点变异

具体操作过程如下:①从父代个体 V 中随机选择变异节点 i ;②判断节点 i 的前一节点和后一节点是否可以连通。如果可以则新的个体就是删除掉节点 i 的那个个体;否则,转①。

1.6.2 重选路径变异

具体操作过程如下:①从父代个体 V 中随机选择两个变异节点 i 和 j ;②从节点 i 到节点 j 重新选择一段路径代替原来的路径,构成新的子代个体。

1.7 种群规模

种群规模的大小不仅决定了初始解的多少,而且确定了每代运算的搜索空间,因此,直接影响着算法优化性能和效率。种群规模越大,其最优解的质量就越好,但算法的运算时间会大幅增长,难以满足大规模网络的要求。

1.8 交叉概率

交叉概率是决定交叉运算程度的重要指标。以合理的交叉概率进行交叉运算,能够保证个体在繁衍过程中优胜劣汰,使群体的适应度大大提高,以达到进化运算的目的。交叉概率过高时,群体在进化过程中遗传性状不明显,适应度变化趋

于紊乱;交叉概率过低,达不到交叉运算的目的,因而收敛速度非常缓慢。

1.9 变异概率

变异概率是变异算子的核心组成之一,是决定算法找到最优解的能力的重要影响因素之一。适当的变异概率能够保证群体的多样性,防止遗传算法的过早收敛,从而得到更为合理和精确的解。

1.10 终止条件

终止条件的设置一般有两种:①代数控制,即程序循环一定的代数以后,自动停止;②稳定解控制,即相邻若干代种群的最佳适应度没有明显改变时,认为进化到了最优解,算法停止。一般来讲,两种方式无明显差别,本文采用代数控制方式。

2 实验结果

仿真实验采用的软件环境为 VC++6.0,硬件环境为 Pentium III微处理器。仿真实验采用的地图有4张,遗传算子和运行参数的选择如表1所示。

表1 不同地图的参数选择

节点数	弧段数	选择算子	交叉算子	变异算子	种群规模	交叉概率	变异概率	终止代数
20	49	轮盘赌	不同点交叉	重选路径变异	25	0.8	0.05	30
26	65				40	0.8	0.05	40
50	141				80	0.9	0.15	50
80	160				100	0.9	0.2	60

2.1 不同选择算子的比较

如图1所示,采用随机联赛选择算子效果最好,收敛速度明显优于轮盘赌选择和排序选择。

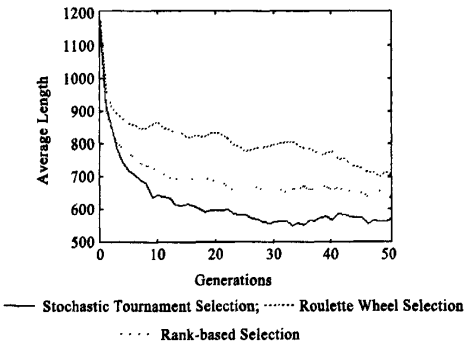


图1 不同选择算子的比较

2.2 不同交叉算子的比较

如图2所示,采用不同点交叉效果优于相同点交叉,收敛比较稳定,没有明显的抖动。

2.3 不同变异算子的比较

如图3所示,删除点变异算子收敛速度较快,但是由于其很容易收敛到局部最优解,产生早熟现象,因此认为重选路径变异较好。

2.4 不同种群规模的比较

如表2所示,种群规模与网络大小有关,网络中节点越多,

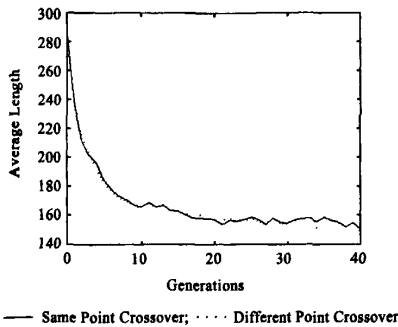


图2 不同交叉算子的比较

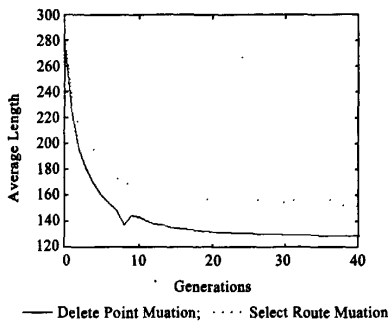


图3 不同变异算子的比较

表2 不同种群规模的比较

节点数	20	30	40	60	80	最优
26	11/128.3	15/127	13/127.7	—	—	15/127
50	—	—	4/271.5	7/265.2	10/249.1	15/228

则运算所需要的种群规模就要求越大。表格中前一数字表示得到正确解的次数，后一数字表示最短路径的平均长度。表3和表4与此相同。

2.5 不同交叉概率的比较

如表3所示，交叉的概率为0.9比较合适。

2.6 不同变异概率的比较

如表4所示，变异概率的选择随网络规模的不同略有不同，26个节点时取0.1比较合适，50个节点时取0.15比较合适。

2.7 不同网络规模的比较

如表5所示，随着节点数和弧段数的增加，采用遗传算法

表3 不同交叉概率的比较

节点数	0.8	0.9	1.0	最优
26	13/127.7	15/127	13/127.7	15/127
50	7/258.1	10/249.1	9/253.4	15/228

表4 不同变异概率的比较

节点数	0.05	0.1	0.15	0.3	最优
26	13/127.7	15/127	14/127.3	—	15/127
50	—	8/255.3	10/249.1	8/253.0	15/228

表5 不同网络规模的比较

节点数	弧段数	终止代数	首次得到最优解的代数	搜索成功率
20	49	30	7.9	100%
26	65	40	12.5	86.7%
50	141	50	18.8	66.7%
80	160	60	45.6	46.7%

搜索的成功率在降低，首次得到最优解的代数在增加。

3 结束语

为了验证算法的有效性和实用性，本文将遗传算法应用于西安市某地电子地图，整个道路图由2059个节点、2170条道路构成。运行效果如图4所示。图4中粗线表示寻找到的最短路径。

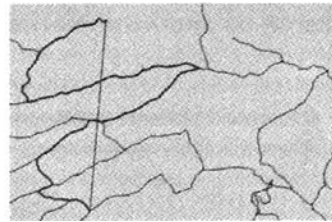


图4 运行效果

本文讨论求解最短路径问题的遗传算法中算法的设计和参数的选择，提出一种新的交叉算子，仿真实验表明，用遗传算法求解最短路径问题是可行的。在实际的应用过程中，人们往往希望得到多条路径以便根据个人喜好来选择，此类问题尚需做进一步的研究。

参考文献:

- [1] Ahn C W, Ramakrishna R S. A genetic algorithm for shortest path routing problem and the sizing of populations[J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2002, 6(6): 566-579.
- [2] Akgun V, Erkut E, Batta R. On finding dissimilar paths[J]. European Journal of Operational Research, 2000, 121(2): 232-246.
- [3] 胡小兵, 叶吉祥. 定点距离最优化的遗传算法研究[J]. 计算机工程与科学, 2003, 25(2): 5-6.
- [4] 徐琼, 陈荣清, 官云兰, 陶国强. 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): 168-172.
- [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] 陈曦, 蔡辉, 柳林. 基于遗传算法的路径安排[J]. 长沙交通学院学报, 2005, 21(4): 76-80.
- [7] 周明, 孙树栋. 遗传算法原理及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.
- [8] 李擎, 张伟, 尹怡欣, 等. 一种用于最优路径规划的改进遗传算法[J]. 信息与控制, 2006, 35(4): 444-447.

求解最短路径的遗传算法中若干问题的讨论

作者: 徐庆征, 柯熙政, [XU Qing-zheng](#), [KE Xi-zheng](#)

作者单位: 徐庆征, [XU Qing-zheng](#) (西安理工大学, 自动化与信息工程学院, 陕西, 西安, 710048; 西安通信学院, 陕西, 西安, 710106), 柯熙政, [KE Xi-zheng](#) (西安理工大学, 自动化与信息工程学院, 陕西, 西安, 710048)

刊名: [计算机工程与设计](#) 

英文刊名: [COMPUTER ENGINEERING AND DESIGN](#)

年, 卷(期): 2008, 29(6)

被引用次数: 17次

参考文献(8条)

1. Chang Wook Ahn; Ramakrishna, R.S. [A genetic algorithm for shortest path routing problem and the sizing of populations](#) [外文期刊] 2002(6)
2. Vedat Akgun; Erhan Erkut; Rajan Batta [On finding dissimilar paths](#) [外文期刊] 2000(2)
3. 胡小兵, 叶吉祥 [定点距离最优化的遗传算法研究](#) [期刊论文] - [计算机工程与科学](#) 2003(2)
4. 徐琼, 陈荣清, 官云兰, 陶国强 [基于遗传算法最短路径问题的探讨](#) [期刊论文] - [华东地质学院学报](#) 2003(2)
5. 王小平; 曹立明 [遗传算法—理论、应用与软件实现](#) 2002
6. 陈曦, 蔡辉, 柳林 [基于遗传算法的路径安排](#) [期刊论文] - [长沙交通学院学报](#) 2005(4)
7. 周明; 孙树栋 [遗传算法原理及应用](#) 1999
8. 李擎, 张伟, 尹怡欣, 王志良 [一种用于最优路径规划的改进遗传算法](#) [期刊论文] - [信息与控制](#) 2006(4)

本文读者也读过(10条)

1. 康晓军, 王茂才, [KANG Xiao-jun](#), [WANG Mao-cai](#) [基于遗传算法的最短路径问题求解](#) [期刊论文] - [计算机工程与应用](#) 2008, 44(23)
2. 徐琼, 陈荣清, 官云兰, 陶国强 [基于遗传算法最短路径问题的探讨](#) [期刊论文] - [华东地质学院学报](#) 2003, 26(2)
3. 孙宝林, 李腊元, 陈华, [SUN Baolin](#), [LI Layuan](#), [CHEN Hua](#) [基于遗传算法的最短路径路由优化算法](#) [期刊论文] - [计算机工程](#) 2005, 31(6)
4. 杨云, 孙向军, 曹立鑫, 刘凤玉 [一种启发式遗传算法及其在最短路径求取中的应用](#) [期刊论文] - [计算机工程与应用](#) 2003, 39(1)
5. 乔连军 [WebGIS中基于遗传算法的最短路径求解方法研究](#) [学位论文] 2006
6. 张永军, 高兰芳, 顾婉仪, [ZHANG Yong-jun](#), [GAO Lan-fang](#), [GU Wan-yi](#) [一种最短路由问题的遗传算法研究](#) [期刊论文] - [北京理工大学学报](#) 2007, 27(11)
7. [基于GIS与遗传算法最短路径问题的研究](#) [期刊论文] - [黑龙江科技信息](#) 2009(32)
8. 邹亮, 徐建闽, [ZOU Liang](#), [XU Jian-min](#) [基于遗传算法的动态网络中最短路径问题算法](#) [期刊论文] - [计算机应用](#) 2005, 25(4)
9. 陈宇翔, 许德武, [CHEN Yu-xiang](#), [XU De-Wu](#) [基于遗传算法的最短路径探索](#) [期刊论文] - [电脑知识与技术](#) 2010, 06(14)
10. 刘汝正, [LIU RUZHENG](#) [基于遗传算法的最短路径的计算](#) [期刊论文] - [微计算机信息](#) 2007, 23(15)

引证文献(15条)

1. 冯震, 刘佳, 李靖, 曹延飞 [复杂网络中最短路径问题的求解算法研究](#) [期刊论文] - [自动化技术与应用](#) 2010(03)
2. 李尧, 芮小平 [基于SOM的物流配送路径优化方法研究](#) [期刊论文] - [计算机工程与设计](#) 2009(07)
3. 马超, 郭军 [遗传算法在动态权值路径寻优中的应用](#) [期刊论文] - [广西大学学报\(自然科学版\)](#) 2012(03)

4. [马超](#) [遗传算法和Dijkstra算法在动态权值系统中的比较](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2012(09)
5. [高立兵](#) [汽车导航系统的动态路径规划优化模型与算法研究](#)[期刊论文]-[甘肃联合大学学报：自然科学版](#) 2012(01)
6. [黄书力, 胡大裘, 蒋玉明](#) [经过指定的中间节点集的最短路径算法](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2015(11)
7. [李迎秋, 董宗然, 陈明华](#) [DWDM光网络中RWA问题的遗传求解方法](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2010(02)
8. [董宗然, 陈明华, 李迎秋](#) [最短路径问题的禁忌搜索求解方法](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2010(33)
9. [高德民, 钱焕延, 汪峥, 王晓楠](#) [基于遗传算法的无线传感器网络路由协议研究](#)[期刊论文]-[计算机应用研究](#) 2010(11)
10. [丁银镯](#) [智能交通疏导系统中路径优化算法的研究](#)[学位论文]硕士 2010
11. [徐伟军](#) [成品油配送系统的合理化研究](#)[学位论文]硕士 2008
12. [孙美娜](#) [天津站地区路径诱导系统关键技术研究](#)[学位论文]硕士 2013
13. [东方](#) [集装箱多式联运运输服务采购组合优化研究](#)[学位论文]博士 2010
14. [王海梅](#) [基于GIS的最优路径算法研究与实现](#)[学位论文]博士 2008
15. [徐伟军](#) [成品油配送系统的合理化研究](#)[学位论文]硕士 2008

引用本文格式：[徐庆征, 柯熙政, XU Qing-zheng, KE Xi-zheng](#) [求解最短路径的遗传算法中若干问题的讨论](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2008(6)