

doi 10.3969/j.issn.1007-855x.2009.04.010

改进遗传算法求解交通最优路径的实现

王海雄¹, 郭剑毅², 张月红²

(1. 昆明理工大学 信息工程与自动化学院, 云南 昆明 650051;

2. 云南省计算机技术应用重点实验室 智能信息处理研究所, 云南 昆明 650051)

摘要: 针对在现实生活中的智能交通诱导系统中求解实时最优路径问题, 根据实时交通信息, 以车辆周转时间最短, 提高路网道路运行效率为目标建立模型. 在基本遗传算法中引入了一种新的带染色体交叉控制策略得到改进遗传算法, 并配合循环交叉, 来求解实时最优路径. 通过实验结果来说明该方法的是有效的.

关键词: 遗传算法; 交通诱导; 最优路径; 循环交叉; 控制策略

中图分类号: U492 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2009)04-0042-05

Improved Genetic Algorithm for Solution of Optimal Traffic Path

WANG Hai-xiong¹, GUO Jian-yi², ZHANG Yue-hong²

(1. Faculty of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology,

Kunming 650051, China; 2. Institute of Intelligent Information Processing, Computer Technology

Application Key Laboratory of Yunnan Province, Kunming 650051, China)

Abstract: In view of solving the real-time optimal choice question in real life's intelligent transportation guidance system, based on the real-time transportation information, a model is established aiming at both shortening turnover time and improving the network road operating efficiency. A new kind of chromosome overlapping control strategy is introduced to basic genetic algorithm (GA) in order to obtain the improved genetic algorithm. It is combined with circulation overlapping to seek the real-time optimal path. The effectiveness of this method is proved through the experimental results.

Key words: genetic algorithm (GA); traffic guidance; optimal path; circulation overlapping; control strategy

0 引言

随着经济和社会的发展, 汽车的数量以惊人的速度增长, 道路的建设远远滞后于车辆数量的增加, 交通拥挤也成为经济发展的阻滞因素. 而解决交通拥挤的最佳途径是进行路径诱导, 减少车辆在道路上的运行时间, 也成为当前国际上研究的热门领域, 实时动态交通分配已成为国际交通运输领域的前沿理论, 其理论、模型和算法的优劣直接影响到交通流诱导系统^[1]的造价和功能. 动态路径选择^[1]是城市交通流诱导系统^[1]UTFGS (Urban Traffic Flow Guidance System) 中的核心理论. 它主要解决的问题是: 以实时的路况信息和交通需求为输入, 在一定的优化目标下, 为车辆提供最合理的行驶路线. UTFGS希望通过对车辆进行实时诱导来改善路面交通状况, 并最终实现交通流在整个路网上的合理分配. 采用经典的最优路径算法 (如 Dijkstra 算法) 在路网大量节点数量情况下, 求解动态路径时, 运算时间代价太高, 从而导致缺乏实时性, 不能做到动态的诱导分析, 研究采用改进遗传算法来求解动态最优路径^[2,3].

1 模型的建立

优化交通车辆调度方案适应依据一定的原则和方法, 模型的建立以道路利用率最高, 且车辆周转时间

收稿日期: 2008-12-18

第一作者简介: 王海雄 (1985-), 男, 在读硕士研究生. 主要研究方向: 智能信息处理. E-mail: it_tianlang@163.com

最短为目标. 即车辆从起点出发到达目的地所花的时间最少. 问题描述: 当一辆车从起点出发到达目的地, 在现实的路网中, 走在途中会出现堵车, 道路故障等情况, 耽误行驶时间, 需要根据路网的实时道路状况信息, 来作出实时的调度处理. 根据现实路网的结构和未来的发展, 建立基于高速公路, 国道的车辆优化调度, 在未来可以在模型中加于省道, 市道, 乡村公路. 整个结构如图 1 所示.

将现实路网抽象为一交通路网拓扑结构如图 2 所示, 图中边线代表路段, 粗线代表高速公路, 细线为国道, 圆点代表交叉路口的节点. 假定一出行者计划从节点 1 到节点 12, 如何选择一条用时最短的路? 用图论的语言来描述此问题: 设无向离散图 $G = (F, R)$, F 表示交叉口节点的集合, R 表示路段的集合, 用自然数表示图的节点, $R_{i,j} = (F_i, F_j)$ 表示 R 中从节点 F_i 到节点 F_j 的一条路段, $V_{i,j}$ 表示当前时刻车辆通过此路段的速度 (单位 km/h), 实际问题中该数据可由路网监测系统实时获得. 有一种特殊情况, 即 $V_{i,j} = 0$, 这时要加一个辅助量加以判断, 即路段上的车辆占有率, 当占有率不为 0 时, 认为该时刻此路段发生严重拥堵, 车辆无法通过, 称之为死锁; 占有率为 0 时, 则认为通过该路段的车辆通行速度等于此路段的设计车速; 当监测系统无法监测到某路段的车辆通行速度, 即路网数据库中没有该路段的相关信息, 则认为此 $R_{i,j}$ 不存在, 应在算法中删除此路段. $L_{i,j}$ 表示节点 F_i 到节点 F_j 间路段的长度 (单位 km).

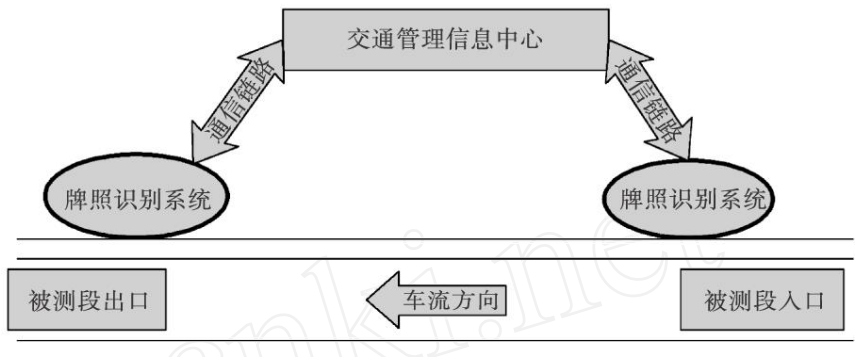


图 1 城市交通诱导系统结构

Fig 1 Urban traffic guidance system structure

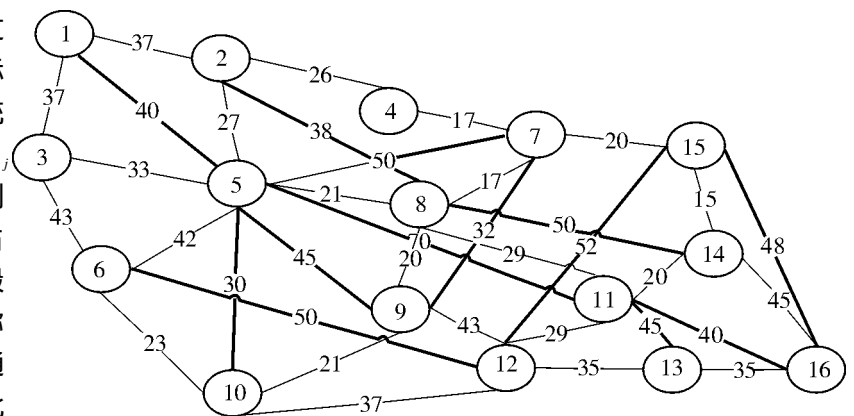


图 2 交通网络图

Fig 2 Transportation network chart

2 改进遗传算法

遗传算法^[4] (Genetic Algorithm, GA) 是一种基于自然选择和群体遗传机理的搜索算法, 通过选择、交叉、变异寻找最优解. 遗传算法在许多优化问题中都有成功的应用, 但其本身也存在一些不足. 如何改善遗传算法的搜索能力和提高算法的收敛速度, 使其更好地解决实际问题, 是各国学者一直探索的主要课题之一. 其主要的改进方面有: 遗传算法中编码表示、适应度函数、选择策略、控制参数和遗传算子等. 采用在基本遗传算法中引入交叉控制策略^[5], 思路是在染色体交叉过程中加入一种新的约束条件, 也就是设定某个域值: Fitness, 保证在一定的次数限制下 2 条染色体适应值之差大于域值 Fitness 的则进行交叉, 这样有利于产生的后代与父代性状分离, 以消除传统遗传算法中早熟收敛, 陷入局部极值点的问题.

具体方法: 随机选择 2 条染色体, 如果适应值不同, 就运用 Fitness 约束条件加以限制, 保证在一定的选择次数允许的条件下选出 2 条满足适应值之差不小于域值 Fitness 的染色体, 然后用循环交叉方法进行交叉. 在交叉后可能会出现重复基因, 这表明路径中出现了环路, 应当予以消除, 即把后面的重复基因及其以后的全部基因整体向前移动到前面重复的位置. 假定交叉后生成的染色体为:

1 5 13 12 5 4 15 14 20 26 4 13 15

消除重复基因后变为:

1 5 4 15 14 20 26

引用该控制策略并配合循环交叉的方法而得到改进的遗传算法. 利用改进后的遗传算法来求解, 以消除传统遗传算法中早熟收敛, 陷入局部极值点的现象. 采用该方法进行求解路网中车辆行驶的最优路径^[6], 其算法时间复杂度为 $n * m$, (n 为种群规模, m 为进化代数)

3 改进遗传算法进行求解

3.1 最优路径选取目标函数

1 条路就相当于 1 条染色体, 1 个节点就相当于 1 个基因, 节点编号就是染色体的基因值. 很显然通向每个交叉路口的路段是不可以随便交换的, 因为在实际中可能不存在这条路, 因此路段选取中 R_h 是否存在非常重要. 在实际中, 路段与构成它的节点是一一对应的, 若将 1 条路段上的 2 个节点分别称之为起始节点和终止节点的话, 那么就有这样一种关系存在, 即一条路段的终止节点恰好是与这条路段相联的另一条路段的起始节点, 由此可以得出, 路段间的联系可以转化为路段节点之间的联系. 以时间为标准衡量最优路径^[2,3]的选取, 则有如下的优化目标函数 (单位: min):

$$\min = \min \left(\sum \left(\frac{l_i}{V_{ij}} \right) \times 60 \right) / i, j \quad [L, k] \quad (1)$$

3.2 算法步骤

整个算法的流程如下:

Begin

进化代数 = 0 构造染色体, 产生初始种群

由路段车辆通行速度 V_{ij} 和占有率判断死锁路段 R_{ij}

由路网数据库判断现实中不存在的路段 R_{ij}

将此 2 种状态下的 R_{ij} 的 2 个节点 F_i 和 F_j 从基因群中去除

Repeat

可行化过程, 求出各染色体对应的适应值

自然选择染色体

交叉染色体

染色体变异

进化代数 = 进化代数 + 1

Until 满足停止进化的条件

End

3.3 构造染色体, 产生初始种群

采用自然数编码, 染色体 R 由矢量 (R_1, R_2, \dots, R_h) 表示, 其中元素 (基因) F_j 为 $[1, L]$ 之间的一个互不重复的自然数, 它表示第 j 次确定终点与路径 R 的关系, 即确定到达终点是否通过节点 k , 以及确定到终点在路径 R 中先后通过的节点号. 随机产生一组染色体 R_h ($h = 1, 2, \dots, n$) (其中 n 为一代种群中的个体数), R_h 各不相同, 根据路网数据库和监测系统提供的实时数据, 将死锁和不存在的路段去除, 产生第 1 代种群.

3.4 适应度计算

对一代种群中的每一个染色体 R_h ($h = 1, 2, \dots, n$) 即为对应的可行解. 根据式 (1) 求得目标函数值 $\min Z$; 若染色体对应不可行解, 则赋予 $\min Z$ 一个很大的整数 N . 令其适应度函数为:

$$F_h = 1 / \min Z \quad (2)$$

$\min Z$ 越小, 表明 R_h 的性能越好, 对应的解越接近最优解.

3.5 自然选择

在自然选择环节中,既要保证最优个体可以生存到下一代,让适应度较大的个体有较大的机会进入下一代,又要避免个体间因适应度的不同而被选入下一代的机会悬殊,因此采用比例选择与精英模型相结合的选择策略,即:将每代种群 n 个染色体按 f_h 值排序,将值最大的染色体复制一个直接进入下一代.上一代种群中剩下的 $n - 1$ 个染色体用轮盘赌选择法产生.

3.6 染色体交叉

对 4.5 节中所产生的新种群,按照一定选择概率 P_c 选择个体对进行交叉重组,共进行 $n/2$ 次.根据改进后的遗传算法进行交叉整个交叉过程如下:

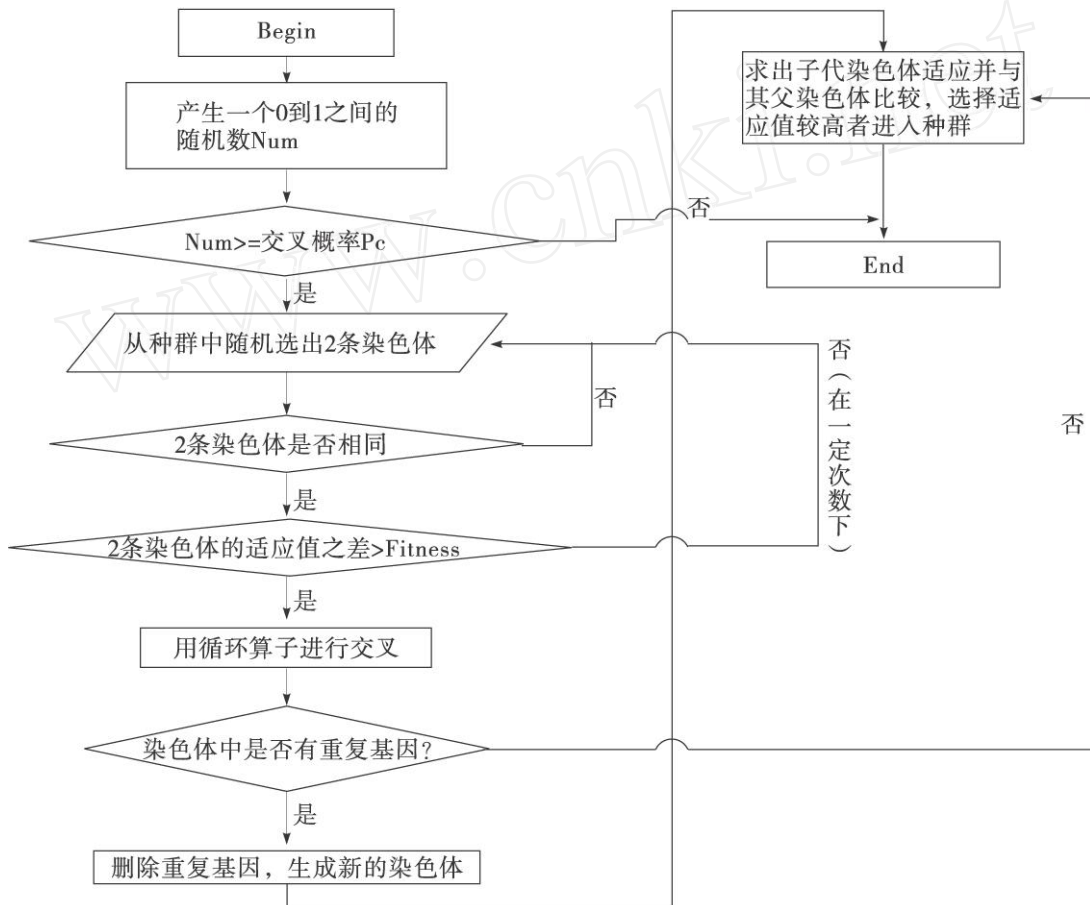


图 3 遗传算法的交叉过程

Fig 3 The Process of cross - genetic algorithm

3.7 染色体变异

在每代种群中,以变异率 P_m 对种群中适应度比较低的染色体进行变异,变异策略是随机选中染色体内两个基因的值,随机构造 1 条以这 2 个基因值为起点和终点的路径,代替变异前两基因值之间的路径.对变异成功所获染色体应用式 (1) 求得其适应值,并与其父染色体比较,选择适应值较高的进入种群.

3.8 实验结果

试验的实验环境为 CPU: AMD3.06, 内存: 512M, 操作系统: Windows XP Professional, 软件: VC++. 采用算法的设计参数为: 种群规模 50, 进化代数为 100, 染色体的变异率为 $P_m = 0.01$, 交叉概率 $P_c = 0.7$, $Fitness = 0.0015$ 各段路的长度如图 1 所示.

(1) 初始时刻:

$$V_{1,2} = 45\text{km/h}, V_{2,4} = 43\text{km/h}, V_{2,5} = 40\text{km/h}, V_{4,7} = 45\text{km/h},$$

$V_{7,8} = 42\text{km/h}$, $V_{8,11} = 45\text{km/h}$, $V_{11,12} = 40\text{km/h}$, $V_{1,3} = 40\text{km/h}$
 $V_{3,5} = 35\text{km/h}$, $V_{3,6} = 42\text{km/h}$, $V_{5,8} = 10\text{km/h}$, $V_{5,6} = 40\text{km/h}$
 $V_{6,10} = 42\text{km/h}$, $V_{8,9} = 45\text{km/h}$, $V_{9,10} = 45\text{km/h}$, $V_{9,12} = 40\text{km/h}$
 $V_{10,12} = 40\text{km/h}$, $V_{1,5} = 50\text{km/h}$, $V_{2,8} = 10\text{km/h}$, $V_{5,11} = 50\text{km/h}$
 $V_{5,7} = 55\text{km/h}$, $V_{5,9} = 40\text{km/h}$, $V_{5,10} = 55\text{km/h}$, $V_{6,12} = 40\text{km/h}$
 $V_{5,9} = 40\text{km/h}$, $V_{7,9} = 40\text{km/h}$, $V_{8,14} = 56\text{km/h}$, $V_{11,13} = 52\text{km/h}$
 $V_{11,16} = 50\text{km/h}$, $V_{12,15} = 40\text{km/h}$

求得节点 2 到节点 11 的最优路径见表 2;

结果见下表 1:

当发生 1 5 且 9 12 堵塞时, 预计要达多余 70min 左右才畅通, 那么就考虑选择第 2 条路径, 可求得见表 2

由于 5 11 为高速, 同等条件下, 可以考虑省钱, 减少车辆各个方面的损耗, 从而选择第 1 一条路径 2

4 7 8 11.

2) 在路径诱导下, 刷新实时数据:

$V_{1,2} = 45\text{km/h}$, $V_{2,4} = 38\text{km/h}$, $V_{2,5} = 40\text{km/h}$, $V_{4,7} = 41\text{km/h}$,

$V_{7,8} = 36\text{km/h}$, $V_{8,11} = 40\text{km/h}$, $V_{11,12} = 40\text{km/h}$, $V_{1,3} = 40\text{km/h}$

$V_{3,5} = 35\text{km/h}$, $V_{3,6} = 40\text{km/h}$, $V_{5,8} = 35\text{km/h}$, $V_{5,6} = 40\text{km/h}$
 $V_{6,10} = 42\text{km/h}$, $V_{8,9} = 45\text{km/h}$, $V_{9,10} = 45\text{km/h}$, $V_{9,12} = 40\text{km/h}$
 $V_{10,12} = 38\text{km/h}$, $V_{1,5} = 50\text{km/h}$, $V_{2,8} = 50\text{km/h}$, $V_{5,11} = 55\text{km/h}$
 $V_{5,7} = 50\text{km/h}$, $V_{5,9} = 50\text{km/h}$, $V_{5,10} = 55\text{km/h}$, $V_{6,12} = 40\text{km/h}$
 $V_{5,9} = 40\text{km/h}$, $V_{7,9} = 40\text{km/h}$, $V_{8,14} = 52\text{km/h}$, $V_{11,13} = 45\text{km/h}$
 $V_{11,16} = 58\text{km/h}$, $V_{12,15} = 45\text{km/h}$

节点 3 ~ 12 的最优路径见表 3, 在时间差不多情况下, 选择距离短的路径即为 3 6 10 12

4 结论

从实验中可看出在基本遗传算法中引入一种交叉控制策略和循环交叉算子法, 在现代社会城市间复杂的路网中, 在求解车辆的行驶路径时, 能快速准确的给出当前车辆行驶的最优路线, 证明该方法的有效性, 从而能使路网中的车辆分配达到动态最优, 提高整体路网的通行能力, 从而使现有的交通资源利用率达到最优. 但是其中还有许多问题要解决, 比如当前速度的选取, 算法中一些参数的选取等还需要进一步的研究.

参考文献:

[1] 杨兆升. 城市交通流诱导系统 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.

[2] JUNG S, MOON B R. Toward Minimal Restriction of Genetic Ecoding and Crossovers for the Two-Dimensional Euclidean TSP [J]. IEEE Trsactions on Evolutionary Computation, 2002, 6(12): 57 - 56

[3] 马炫. 求解 K 条最优路径问题的遗传算法 [J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(12): 100 - 113.

[4] 王小平, 曹立明. 遗传算法——理论、应用与软件 [M]. 西安: 西安交通大学出版, 2002

[5] 李擎, 张伟, 王志良, 等. 一种新的调节交叉和变异概率的自适应算法 [J]. 控制与决策, 2008, 23(1): 79 - 83

[6] 张丽萍, 柴跃廷. 车辆路径问题的改进遗传算法 [J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(8): 79 - 84.

表 1 节点 1 ~ 12 的最优路径

Tab 1 Optimal path from node 1 to node 12

路径	长度 /km	时间 /min
1 5 9 12	128	约 131

表 2 节点 2 ~ 11 的最优路径

Tab 2 Optimal path from node 2 to node 11

路径	长度 /km	时间 /min
1 3 6 10 12	140	约 205
2 5 11	97	约 124.5
2 4 7 8 11	89	约 123

表 3 节点 3 ~ 12 的最优路径

Tab 3 Optimal path from node 3 to node 12

路径	长度 /km	时间 /min
3 6 10 12	103	约 173
3 5 9 12	121	约 174.5