城市交通流配流问题的遗传算法求解

杨新敏　孙静怡　钱育渝

摘要：路径的选择和交通量的分配是智能交通运输系统的主要问题。本文以遗传算法为基础，设计了一个求解该问题的优化算法，将其化为一个多约束条件的 0-1 规划。对路网优化设计实例表明，这一方法能迅速求出问题的全局近似最优解，并具有较高的计算精度。

关键词：智能交通、动态配流、整数规划、遗传算法

1 前言

在给定道路网络结构和各 O-D 对交通量条件下，如何“实时”分配各 O-D 对之间的通达路径以使网络费用最小，并避免交通堵塞的发生，是智能交通运输系统的主要目的；这个问题一般称为“动态配流”。这类问题无论是在数学理论或是工程实际中都尚无切实有效的解法。

近年来，以遗传算法、模拟退火、禁忌搜索以及人工神经网络为代表的智能优化技术发展迅速，受到人们普遍关注。其中，遗传算法是基于进化理论的原理发展起来的一种广为应用的、高效的随机算法，它以其优良的计算性能和显著的应用效果而特别引人注目。

本文尝试用遗传算法计算动态配流问题。考虑到交通运输系统类似于通信网络控制，在建模时吸收了通信网络中候选路由的思想，以实现个体费用最优基础上的系统最优。

2 遗传算法的基本原理

遗传算法由美国科学家 John.Holland 提出，它是一种概率搜索算法；利用某种编码技术作用于称之为染色体的二进制串，其基本思想是模拟由这些串组成的群体的进化过程。遗传算法通过有组织地，然而是随机的信息交换来重新组合那些适应值好的串，在每一代中，利用上一代串结构中适应值好的串来生成一个新的串的群体；偶尔也要在串结构中尝试用新的位段来替代原来的部分（类似于自然界变异）。

遗传算法对所求解问题的本身一无所知，它需要的仅是对算法产生的每个染色体进行评价，并基于适应值来选择染色体，使适应值好的染色体比适应值差的染色体有更多的繁殖机会。遗传算法利用简单的编码技术和繁殖机制来表现复杂的对象，从而解决非常困难的问题。特别由于它不受搜索空间的限制性假设的约束，不必要求诸如连续性、可导性、单峰性等假设，以及其固有的并行性，遗传算法目前已经在最优化、机器学习和并行计算等领域取得了越来越广阔的应用。

用遗传算法求解问题的步骤：

1. 确定染色体编码方案使用二进制编码还是浮点编码；
2. 随机产生一个初始群体，群体中每个染色体都满足约束条件；
3. 计算每个染色体的适应值，并选择进行交叉和变异的父代染色体；
4. 对选出的染色体进行交叉及变异

操作；

5. 重复 3、4 直至满足终止条件。

其流程图见下图。

procedure evolution program

begin

t ⟵ 0

初始化 P(t)

评估 P(t)

while (不满足终止条件) **do**

重组 P(t)获得 C(t)

从P(t)和C(t)中选择P(t+1)

t ⟵ t+1

end

2 .1 约束的处理

本文只讨论线性约束的处理。使用的约束处理技术是 Michalewiczt 提出的。

优化目标函数的约束一般可分为值域约束、等式约束、不等式约束。由于初始解释随机产生，满足等式约束较麻烦，所以算法一开始，它们就和相等数量的问题变量一起被消去：这样做就减少了一部分搜索空间。留下的线性不等式的约束就构成了搜寻解时必须进行搜索的凸集。搜索空间的凸性确保了解的线性组合无需检验约束就产生新的解。不等式可以用来产生任何给定变量的边界；这样的边界还是动态的，它依赖于其它变量的值，并能被算出。这就是 Michalewiczt 提出的约束处理技术。

2 .2 选择机制改进

在应用遗传算法解决实际问题时，有时会出现早熟收敛现象，即种群中的大部分个体都在某一个局部极值附近。过早收敛的主要原因是超级个体的存在，这些超级个体的适应值要比种群的平均适应值大得多，以至于它们拥有大量的后代。由于种群规模是固定的，它们就会阻止其它个体的子代在下一代中出现。经过不多的代数，一个超级个体可能会排出其它有希望的染色体，并造成快速收敛到可能是局部的最优解。因此必须设计可调节选择压力的算法。可以考虑设计新的选择算子，新的选择算子所使用的个体选择概率的确定是 Baker 和 Whitly 提出来的，使用一个非线性方程来确定个体的选择概率：

$Prob\ (rank) = q\ (1-q)^{rank-1}$，rank 是根据适应值大小而进行的排序得到的序号大小。

其中，q 和 r 是两个参数；另外，$\sum_{rank=1}^{popsize} prob(rank) = 1$, popsize 为群体数量。

算法具体实现如下：

1. 从 P(t)选择 r 个父代。每个被选择的染色体应用于一个遗传算子，并加上该算子的标记。
2. 从 P(t)中选择 r 个不同的染色体，并将它们复制到 P(t+1)中。
3. 让 r 个父代染色体繁殖出 r 个后代。
4. 将这 r 个新子代插入到群体 P(t+1)中。

这样，一个好的染色体有较好的机会被选择为一个亲体(第 1 步)，同时又有较好机会被选择为 popsize-r 个体之一。另外，所有遗传算子都直接作用于个体上。在第 1 步中，一些个体被标记为“交叉”，一些

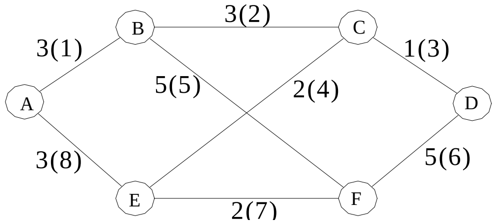
个体被标记为“变异”。至于交叉和变异算子，考虑到模型的特殊性，本文采用了一般的简单交叉的单点变异。

3 平衡配流问题的算例

本文要解决的是智能交通运输系统中出行者实时的最佳路径选择，及考虑到受路段容量约束条件下的流量分配问题。由于在某时刻发出请求的出行者与路段容量相比较小，对这部分交通量可用全有全无法分配到 O-D 之间的候选路径上去。注意到实际生活中，每位司机都会选择到目的地的最短路径，一些路径是根本不可能被选择到的（尽管存在这些到目的地的路径）；所以在计算之前须先确定各 **O-D** 对子之间的最优候选路径，这样可使计算量大大降低，整个道路网络的出行费用可在满足单个出行者的“最小费用”要求下达到相对的系统最小。费用在整个过程中是非线性的，但在一个较短时间内，费用与流量的关系可视为线性的，更进一步，可视为上个时间段内流量分配的结果，亦即每一个时间段对路网上的交通费用更新一次，在下个时间段内采用常数费用进行计算。这是本文最重要的线性化条件。

下图所示是一个 6 节点 8 条链路的简单网络。图中括号内的数字为各路段编号，括号外的数字为路段费用。可假设节点 i、j 之间的使用情况与 j、i 之间完全相同；$Q_{ij} = Q_{ji}$（Q_{ji} 表示节点 i 到节点 j 的交通量），故交通量矩阵是对称的。（为简单起见，均没有单位。）

注：交通量矩阵对称假设不是必要的，这只为了简化计算，迅速抓住利用遗传算法求解问题的思路。



O-D 交通量矩阵

	A	B	C	D	E	F
A		9	4	1	7	4
B			8	3	2	4
C				3	3	2
D					3	4
E						5
F						

候选路径矩阵

	A	B	C	D	E	F
A		AB	x_1, x_2	x_3, x_4	AE	x_5, x_6
B			BC	x_7, x_8	x_9, x_{10}	BF
C				CD	CE	x_{11}, x_{12}
D					x_{13}, x_{14}	DF
E						EF
F						

其中，候选路径 x_i (i =1,2,3…14) 对应关系如下：

X_1=ABC, X_2=AEC; X_3=ABCD, X_4=AEFD; X_5=ABF, X_6=AEF; X_7=BCD, X_8=BFD; X_9=BCE, X_{10}=BFE; X_{11}=CDF, X_{12}=CEF; X_{13}=DCE, X_{14}=DFE

路段容量矩阵 $Q = [20\ \ 20\ \ 20\ \ 20\ \ 20\ \ 20\ \ 20\ \ 20]'$

优化目标函数： $\min \quad Z = (AX + b)'C$

s.t $AX + b \leqslant Q$

优化变量 x_i (i =1,2,3…14)；其中 x_i 为

0-1 变量；费用矩阵 C = [3 3 1 2 5 5 2 3] ’

矩阵 A 为在（$x_1, x_2, \cdots x_{14}$）中选择时各路段的交通分配情况，矩阵 b 为不考虑（$x_1, x_2, \cdots x_{14}$）时，各路段的交通量分配情况。

综上所述，各路段的交通量分配情况如下：

$$A = \begin{bmatrix} 4 & & 1 & & 4 & & & & & & & & & \\ 4 & & 1 & & & & 3 & & 2 & & & & & \\ & & 1 & & & & 3 & & & & 2 & & 3 & \\ & 4 & & & & & & & 2 & & & 2 & 3 & \\ & & & & 4 & & & 3 & & 2 & & & & \\ & & & 1 & & & & 3 & & & 2 & & & 3 \\ & & & 1 & & 4 & & & & 2 & & 2 & & 3 \\ & 4 & & 1 & & 4 & & & & & & & & \end{bmatrix}$$

b = [9　8　3　3　4　4　5　7] ’；

其中，未填写数字的矩阵元素为 0。这是一个具有 14 个变量，8 个约束条件的 0-1 整数规划问题。采用上述的遗传算法对该例求解，结果如下：

优化变量 X = [0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 0] ’，最小费用：Z = 217。

4 结论

本文采用遗传算法进行城市道路网络交通流的动态分配，具有很高的实时性，使得在网络的管理过程中可以根据计算结果进行动态路由选择和最佳流量分配，以达到控制网络整体运行费用目的。与传统方法不同的是，本文采用了新的选择算子和候选路由思想，将问题转化为较简单的 0-1 整数规划，从而避免了建立复杂的数学模型并极大地降低了计算量，可在多个约束条件下迅速求出全局最优解，为遗传算法的应用做了有意义的工作。

（作者工作单位：昆明理工大学）

计算机模拟方法在停车库服务水平评估中的应用

王　波[1]　陈先龙[1]　邓兴栋[2]

摘要：随着城市中停车库的布置形式日益多样化，使用中的管理手段也更加丰富，经典的随机服务系统理论已经不能完全满足建筑物交通影响评估的需要，在此情况下，计算机模拟不失为一种行之有效的方法。本文给出了运用计算机模拟方法对全自动立体停车库（PPR 系统）服务水平进行评价的实例。

关键词：计算机模拟、停车库、评估

1　引　言

随着城市机动化程度的迅速提高，对停车泊位的需求量越来越大，各种占地少、容量大、建设周期短的停车设施在城市中，尤其是高密度开发地区不断涌现。

目前主要流行的是电梯叉方式的全自动立体停车库（又称停车楼）和升降横移式的机械停车装置。相比而言，前者提供的车位容量更大，停车安全性更高。但是，随着停车库规模的增大，其带来的负效应也不容忽视，主要表现为：一方面，取车时间（包括取车前等待时间和实际取车操作时间）过长，降低了停车库的服务水平；另一方面，