

## 混合并行遗传算法求解 TSP 问题<sup>1</sup>

戴晓明 邹润民\* 冯 瑞 张洪源\*\* 邵惠鹤

(上海交通大学自动化研究所 上海 200030)

\*(中南大学信息科学与工程学院 长沙 410083)

\*\* (深圳市中兴通讯股份有限公司技术中心研究部 深圳 518057)

**摘 要** 该文应用多种群遗传并行进化的思想, 对不同种群基于不同的遗传策略, 如变异概率, 不同的变异算子等来搜索变量空间, 并利用种群间迁移算子来进行遗传信息交流, 以解决经典遗传算法的收敛到局部最优值问题. 对于 TSP (Traveling Salesman Problem) 进行了求解, 仿真结果表明, 该文算法的收敛性能优于经典遗传算法.

**关键词** 遗传算法, 多种群, 迁移算子, 收敛, TSP

**中图分类号** TP391

### 1 引 言

遗传算法 (Genetic Algorithm) 是模拟达尔文的遗传选择和自然淘汰的生物进化过程的计算模型, 它是由美国 Michigan 大学的 Holland 教授于 1975 年首次提出的<sup>[1]</sup>. 遗传算法对求解问题只要求是可计算的, 无可微性及其他要求, 它同时处理群体中多个个体, 即同时对搜索空间中的多个解进行评估, 但是在经典遗传算法搜索过程中, 进化初期的超常个体可能限制了其它个体进化, 从而造成未成熟收敛现象. 文献 [1] 提出了根据 Hamming 距离进行非均匀交换; 文献 [2] 提出了有选择的交换运算, 使遗传算法的性能有较大的改进; 而文献 [3] 则提出了有指导的变异、自适应变异等改进方案. 本文提出了混合多种群并行遗传算法, 具有并行处理、收敛速度快, 可以有效避免局部最优等优点.

### 2 经典遗传算法

遗传算法是一个多点并行的迭代过程, 在每次迭代中都进行如下操作: 将一组以一定的基因形式描述的候选解进行交换和变异操作以及适应环境能力的评价; 选取参与产生后代的候选解. 重复此过程, 直至满足某种收敛准则而得到全局最优解.

关于遗传算法的有关基本理论和有关算法中的一些名词的意义 (如交换过程, 选择过程等) 和一些具体的名词 (如: 变异率等), 请参阅文献 [4]. 本文在涉及到这些内容时不再做专门的解释. 典型的遗传算法的核心过程可以描述如下:

(1) 确定控制参数;

(2) 初始化;

(3) 执行以下操作, 直到满足停止准则为止; (a) 选择; (b) 交换; (c) 变异; (d) 计算和统计群体有关参数; 其中选择、交换、和变异算子是主要的遗传算子. 选择算子体现了适者生存的原则, 交换算子是组合父代群体中有价值的信息, 产生新的后代, 具有遗传功能, 变异算子的作用是保持群体中基因的多样性.

### 3 多种群并行遗传算法

经典遗传算法存在着局部搜索性能较差的缺陷, 对于某些分布变化缓慢的问题, 常常需要进行大量的计算, 并且由于进化初期的超常个体使得种群过早收敛到局部最小值, 为了解决这一缺陷, 本文从遗传算法自身着手, 在遗传算法并行运算的基础上, 通过多种群并行进化的思想, 通过引入迁移算子进行种群间交换的思想, 将遗传算法分解为在多个子种群间并行进行, 并通过子种群间交换来增加基因模式数, 避免未成熟收敛. 多种群并行遗传算法的基本思想是:

<sup>1</sup> 2001-04-17 收到, 2001-12-19 定稿

利用多种群并行进化的框架，不同种群赋予不同的控制（如交换原则或变异概率），实现不同的搜索目的。

#### 4 多种群并行遗传算法算子的选择

##### 4.1 单个遗传算法算子的设计

(1) 关于交换算子的设计 目前设计了几种交换算子，如部分映射交换 (PMX)、顺序交换 (OX)、基于位置的交换、循环交换等等<sup>[5]</sup>。在本文多种群并行遗传算法中 (如图 1)，遗传算法 1 采用部分映射交换，遗传算法 2 采用顺序交换，遗传算法 3 采用基于位置的交换，遗传算法 4 采用循环交换。

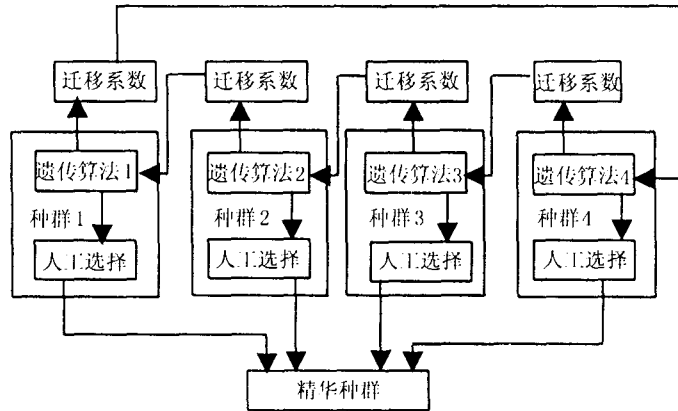


图 1 表示多种群并行遗传算法的结构图

(2) 关于变异算子的设计 对于旅行推销员 (TSP, Traveling Sales Problem) 问题可以采用基于换位表达的变异运算，反转、插入、移位及互换变异等等<sup>[5]</sup>。本文提出一种随机优化变异的算子。此变异基于随机邻域的技术，以改进后代的性质。对进行变异的染色体随机产生一个变异基因的数目  $\mu$ 。  $\mu = \lceil (\text{rand}(0, 1) \cdot C) \rceil + 1$ ;  $\text{rand}(0, 1)$  表示产生一个 0 到 1 的随机数， $\lceil \cdot \rceil$  表示取整， $C$  为一个小的常数，本文取 6，以  $\mu = 3$  为例。编号表示城市的序号 (如图 2)。

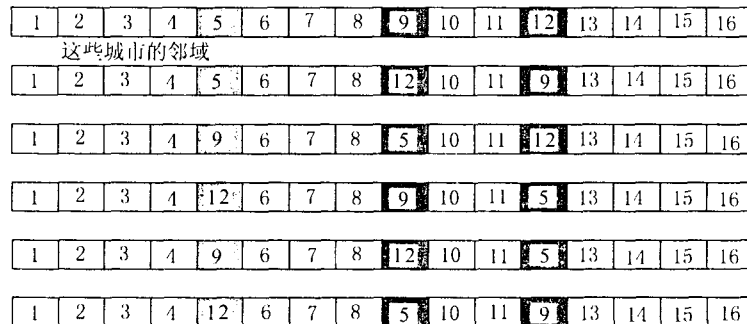


图 2 随机优化变异的示意图

对所有邻域进行评估，选出最好的作为变异的后代。

在本文多种群并行遗传算法中，遗传算法 1 采用反转，遗传算法 2 采用插入变异，遗传算法 3 采用移位变异，遗传算法 4 采用本文提出的随机优化变异。

4.2 多种群并行遗传算法迁移算子设计 各个种群之间通过迁移算子进行信息交流, 实现多种群的协同进化, 通过人工选择系数对每个种群进行最优个体保存. 各种群的联系通过迁移算子进行信息交流. 迁移算子基于某种机制: 本文是每隔一进化代数将源种群的最优个体替代目标种群的最差个体 (在图 1 中, 迁移算子入端种群称为源种群, 出端种群称为目标种群), 精华种群是进化每一代各个子种群的最优个体, 在进化结束后, 对精华个体进行排序, 以获得最优解.

### 5 仿真实例

众所周知, TSP 是一个具有广泛的实用背景与重要的理论价值的组合优化难题<sup>[1,2]</sup>. 问题可以简单描述为一个推销员, 在  $n$  个城市间选择一条最短的路径, 遍历所有城市. 本文算例从网上标准数据库获取<sup>[6]</sup>. 算例 eil51 和 tsp225 城市数目分别为 51 个和 225 个. 群体规模均为 100. 图 3 是算例运行的第一次的最优解和最后的最优解. 图 4 是并行多种群并行遗传算法与经典遗传算法的比较, 其纵坐标为当前进化遍历路径长度, 横坐标是进化代数, 曲线是单独运行 50 次平均结果. 从适应度曲线来看, 并行遗传算法的进化效率高于经典遗传算法.

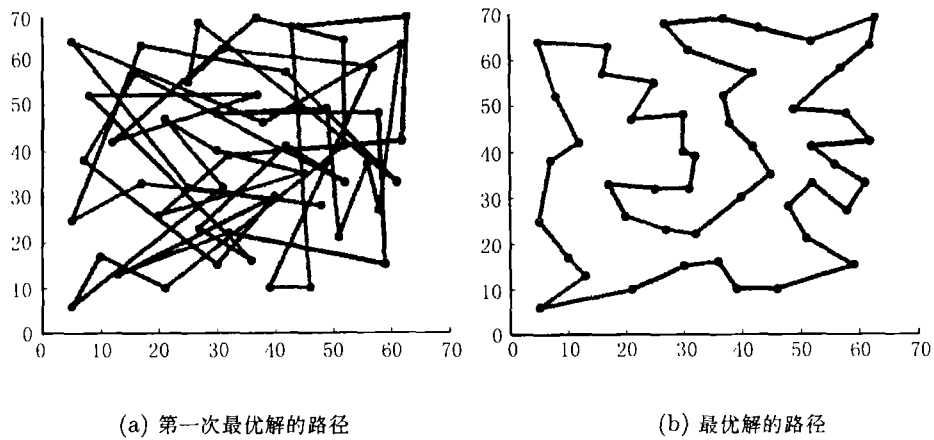


图 3

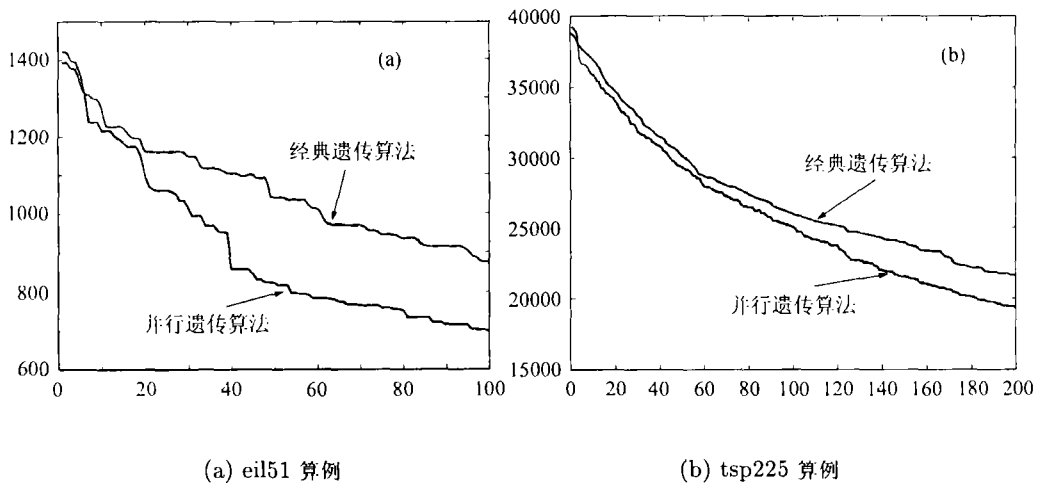


图 4

## 6 结 论

本文针对传统遗传算法局部收敛速度慢, 易于陷入局部最优区域的缺点, 从实际的生物进化环境和并行遗传算法出发, 将普通的遗传算法划分为多个种群并行进行遗传操作, 每个种群取不同的遗传变异算子, 以针对不同的搜索目的。种群间采用迁移算子每隔一定进化代数相互传递遗传信息, 迁移算子用源种群的最优个体替换目的种群的最差算子, 对 TSP 问题进行了测试, 本文算法在计算效率和收敛性优于经典遗传算法。

## 参 考 文 献

- [1] D. B. Fogel, *Evolutionary Computation* [M], New York, IEEE Press, 1995, 33-99.
- [2] C. K. Mohan, Selective crossover: Towards fitter offspring, Tech. Report SU-EECS TR 97-1, Dept. of EECS, Syracuse University, 1997.
- [3] B. Yoon, D. J. Holmes, Efficient genetic algorithms for training layered feed forward neural networks, *Information Sciences*, 1994, 76(1/2), 67-85.
- [4] J. H. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, Michigan University Press, 1975, 12-73.
- [5] 玄光男, 程润伟, 遗传算法与工程设计, 北京, 科学出版社, 2000, 1-145.
- [6] G. Reinelt, TSPLIB; <ftp://softlib.rice.edu/pub/tsplib/tsplib.tar>, 1995.

## A HYBRID PARALLEL GENETIC ALGORITHM AND ITS APPLICATION TO TSP

Dai Xiaoming    Zou Runmin\*

Feng Rui    Zhang Hongyuan\*\*    Shao Huihe

*(Dept. of Auto., School of Electric and Info., Shanghai Jiaotong Univ., Shanghai 200030, China)*

*\*(College of Info. Sci. & Eng., Central South University, Changsha 410083, China)*

*\*\* (Dept. of Advanced Tech., Technology Center, ZTE Corporation, Shenzhen, 518057, China)*

**Abstract** This paper applies a multiple population Genetic Algorithm (GA) to solving the TSP (Traveling Salesman Problem). Different populations apply different mutation factors to achieve different search objects. The transition factor among the groups is used to solve the premature convergence problem under some circumstances. It accelerates search process in state space. The experimental results show that this algorithm has great advantage of convergence property over canonical genetic algorithm.

**Key words** Genetic algorithm, Multiple population, Transition factor, Convergence property, TSP

戴晓明: 男, 1973 年生, 博士生, 研究领域为 FMS 建模、优化调度、混合系统。  
张洪源: 男, 1974 年生, 博士, 研究领域为信号处理。  
邵惠鹤: 男, 1939 年生, 博士生导师, 研究领域为化工过程建模与优化控制等。