

Binary-Coding-Based Ant Colony Optimization and Its Convergence

Tian-Ming Bu¹, Song-Nian Yu¹, and Hui-Wei Guan²

¹School of Computer Engineering and Science, Shanghai University, Shanghai 200072, P.R. China

²Department of Computer Science, North Shore Community College, MA 01923, U.S.A.

E-mail: tmbu@acm.shu.edu.cn; yusn@mail.shu.edu.cn; hguan@nsec.mass.edu

Keywords ant colony optimization, genetic algorithm, binary-coding, convergence, heuristic, function optimization

基于二进制编码的蚁群优化算法及其收敛性分析

蚁群优化算法(ACO)是一种解组合优化问题的“元启发式”算法,也是一种结合了正反馈和贪婪搜索的基于种群的新方法。其思想及其应用产生于上个世纪 90 年代,而“蚁群优化(Ant Colony Optimization)”的确切提出则只有 5 年左右的时间。作为一种全新的启发式搜索算法,它在 TSP,二次分配(Quadratic Assignment)和网络路由上所获得的结果完全可以与其他最优的启发式算法相媲美,甚至超越它们,并已成为当前最成功的群体智能系统之一。

然而,对于这样一个年轻的、具有很大开发潜力的启发式算法,我们对它的内部机制还很不清楚例如:

- 1) ACO 中各种算子的构造及参数设计的理论都还很成熟;
- 2) 对 ACO 的改进和参数的分析大都停留在试验阶段;
- 3) ACO 广泛的应用前景缺乏扎实精确的理论支持。

同时,我们也不清楚:

- 1) ACO 较适合用于哪些应用领域,即在哪些领域它能获得比传统的启发式算法更优的性能?
- 2) 在 ACO 的众多参数中,哪些参数是最关键的?
- 3) 怎样的参数设置才能使该算法有较快的收敛速度,并保证获得全局最优?

在对这些问题的思考过程中,我们发现蚁群优化算法和遗传算法(GA)存在着许多相似之处:

- 1) 它们的思想都源于仿生学;
- 2) 它们一般都基于种群;
- 3) 它们一般都有选择和重组算子;

由于 GA 在许多方面都已经发展得相当成熟,因此,我们期望通过将 GA 中的一些思想和概念引入到 ACO 中,使得 GA 中重要的结论和先进的技术(如采用变异算子,控制参数的自适应机制,对不同问题采用不同的编码方式,选择压的使用等等)能够直接地应用于 ACO 的研究中,加速和加深我们对 ACO,甚至是 GA 及其他启发式算法的认识。

鉴于此,我们提出了一种新的基于二进制编码的蚁群优化算法。与传统的蚁群优化算法相比,该算法将问题的参数空间转化成编码空间,将 ACO 与 GA 紧密地联系了起来,使得 GA 的大量成果能够直接应用于 ACO 上。同时,该算法不仅能够解决传统的组合优化问题,还能用来解函数优化问题。而且,该算法模型在不改变 ACO 精髓的前提下,更加适用于数学分析。在该模型的基础上,我们证明了如果该算法中的信息素残留因子 $\rho \geq 1$ 的话,该算法将保证收敛到全局最优;反之,如果 $0 < \rho < 1$,则该算法将不能确保。