

蚁群算法研究综述

Ant Colony Algorithms

于艳艳

Yu Yanyan

(天津财经大学理工学院信息科学与技术系, 天津 300222)

(Science & Technology College, Tianjin University of Finance and Economics, Tianjin 300222)

摘要 蚁群算法是一种仿生进化算法。该算法在组合优化、网络路由、函数优化、数据挖掘等领域获得了广泛的应用,并取得了较好的效果。本文在对蚁群算法原理、模型研究的基础上,对国内外的研究现状进行了总结和分析,对今后的进一步研究提供了借鉴和参考。

关键词 蚁群算法; 优化

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1671-4792-(2009)1-0238-02

Abstract: Ant colony algorithm is a kind of bionic algorithm. The algorithm is widely used in combinatorial optimization, network routing, function optimization and data mining. In this paper, the principle and model of ant colony algorithm were summarized which can be referenced on the further study.

Keywords: Ant Colony Algorithm; Optimization

0 蚁群算法原理

在蚂蚁寻找食物的过程中,总能找到一条从蚁穴到距离很远的食物之间的最短路径。仿生学家经过研究发现,蚂蚁寻找食物的奥妙在于:它在行进的过程中,会不断分泌一种特殊的挥发性物质—信息素。信息素主要有两方面的作用:一是蚂蚁之间通过它来相互通信,它可以吸引后来的蚂蚁沿信息素浓度高的路径行进;二是信息素的挥发作用,这使得寻径初期距离较长的路径和长期没有经过的路径对蚂蚁的影响逐渐减小。

不难看出由大量蚂蚁组成的蚁群的集体行为表现出一种信息正反馈现象:某一路径上走过的蚂蚁越多,则后来者选择该路径的概率就越大,蚂蚁个体之间就是通过这种信息的交流搜索食物,并最终沿着最短路径行进。该算法的本质在于:选择机制,信息素越多的路径,被选择的概率越大;更新机制,路径上面的信息素会随蚂蚁的经过而增长,而且同时也随时间的推移逐渐挥发消失;协调机制,蚂蚁之间实际上是通过信息素来相互通信、协同工作的。

1 蚁群算法的研究现状

1.1 理论研究现状

蚁群算法自提出以来就得到了很多专家学者的关注,鉴于该方法具有较强的鲁棒性,且易于与其他方法相结合等优点,已经在很多领域得到了广泛应用,但同时蚁群算法也存在一定的不足,如易于出现停滞现象。目前已有许多学者对其进行了各种改进,提出了许多改进型的蚁群算法。

为了充分利用学习机制,强化最优信息的反馈,1995年 Gambardella 和 Dorigo 提出了 Ant-Q 算法^[1]。该算法建立了蚂蚁系统与 Q-learning 的联系,仅让每一次循环中最短路径上的信息素浓度更新。

日本学者 Akihide Hiura 提出了一种比较复杂的多主体 (Multiagent System) 的模型^[2]以模拟真实的蚁群。其中建立了两种不同类型的蚂蚁模型,并加入了蚁穴模型、食物堆模型和天敌模型。蚁群的通信方式采用信息素,同时也考虑了噪声。在此模型的基础上,考察智能体 (agent) 在动态环境中的相互协作行为。这种完全依赖于模型的研究方式有助于启发人们看到许多有趣的现象,但要解释这种现象就要对蚁群工作的内在机理进行更进一步的了解,根据实际问题应用人工蚁群系统,考察人工蚁群系统各参数设置及算法结构对求解过程的影响。

Bilchev 等人曾在使用遗传算法解决工程设计中连续空间的优化问题时,配合使用了蚁群算法对遗传算法所得到的初步结果进行精确化,并取得了较好的效果^[3]。

德国学者 Thomas sttzle 与 Holger Hoos 提出的改进的蚁群算法“最大最小蚁群系统”(MAX-MIN Ant System, MMAS)也是一种较好的通用优化算法^[4-5]。在求解对称旅行商问题 (TSP) 与非对称旅行商问题 (ATSP, Anisomorous Traveling Salesman Problem) 时,MMAS 的性能与 ACS 相当,在平均路径长度上还优于 ACS。两者的共同点是在算法的每次迭代中只允许表现最好的蚂蚁更新路径上的信息素浓度,以加快收敛速度;其不同之处主要在于如何防止过早的停滞现象。MMAS 限定了信息素浓度允许值的上下限,并且采用了平滑机制 (Trail Smoothing Mechanism)。MMAS 在算法启动时将所有支路上的信息素浓度初始化为最大值 τ_{max} ,每次迭代后,按挥发系数 ρ 降低信息素浓度,只有最佳路径上的支路才允许增加其浓度,并保持在高水平上。但是只采用最大最小信息素浓度的限制还不足以在较长的运行时间里消除停滞现象,因此采用了平滑机制:信息素浓度的增加正比于

τ_{max} 和当前浓度 $\tau(rs)$ 之差。对此算法的进一步扩展是加入局部搜索,目的是一方面提高算法性能,能在搜索初期获得高质量的解,更直接地引导学习机制;另一方面,使 MMAS 为后续的局部搜索阶段构造好的初始解,以便找到接近最优的解。

2001 年 Lee SG 等人提出了一种新改进的信息素更新策略:其一,局部信息素修改时,挥发系数动态改变;其二,全局信息素更新时,则将蚂蚁所走路的较短的那些路径上的信息加强,而较差的那些路径上的信息减弱。与此同时,吴斌、史忠植又提出了一种相遇算法,其基本思想是在求解 TSP 问题中,用两只蚂蚁共同完成对一条路径的搜索,其目的都在于提高搜索速度。

2000 年 W.J.Gutjahr 首先对 ACO 的收敛性进行了探讨,取得了一些初步的结果,目前已有少量文献涉及 ACO 的收敛性,但还很不成熟。

目前 ACO 在启发式方法范畴内已逐渐成为一个独立的研究领域,在有关国际会议上多次作为专题加以讨论。如 1998 年、2000 年、2002 年、2006 年在比利时布鲁塞尔大学召开了四届 ACO 国际研讨会(Ants'95 Ants'2000 Ants'2002, Ants'2006),对 SI 算法、ACO 算法和群集机器人技术(SR, Swarn Robotics)进行讨论。

1.2 应用研究现状

ACO 的应用研究是 ACO 的很大一部分内容,一直非常活跃。对于蚁群算法的研究主要集中在两个方面问题的求解:静态组合优化问题和动态组合优化问题。静态组合优化问题包括 TSP 问题、二次分配问题(QAP)、车间调度问题、车辆路径问题、车辆路由问题等,它指的是在解决问题的时候,该问题的拓扑分布和转换开销不会发生变化。例如经典的 TSP 问题,其城市的位置和城市间的距离在算法运行的时候是不会发生变化的。与此不同,在动态组合优化问题的求解过程中,该问题的拓扑分布或转换开销可能会发生改变。

(1) 静态组合优化问题

ACO 首先应用的一个方面就是 TSP 问题,这是复杂的组合优化问题之一。该问题就是寻找通过 n 个城市各 1 次,且最后回到原出发城市的最短路径。许多研究表明,应用 ACO 求解 TSP 问题优于模拟退火法、遗传算法、神经网络算法、禁忌算法等多种优化方法。

二次分配问题(QAP)。原始的二次分配问题是指已知有 n 个位置点和 n 家工厂,将这 n 家工厂建造在这 n 个位置点上,使得分配的总费用最小。其中费用是工厂被分配到位置上方式的函数。QAP 是继 TSP 之后蚁群算法应用的第一个问题,实际上 QAP 是一般化的 TSP。

车间任务调度问题。JSP 问题指已知一组 m 台机器和一组 t 个任务,任务由一组指定的将在这些机器上执行的操作序列组成。车间任务调度问题就是给机器分配操作和时间间隔,从而使所有操作完成的时间最短,并且规定两个工作不能在同一时间在同一台机器上进行。

大规模集成电路综合布线问题。在布线过程中,各个引脚对蚂蚁的引力可根据引力函数来计算。各个线网 Agent(代理商)根据启发策略,像蚁群一样在开关盒网格上爬行,所经之处便布上一条金属线,历经一个线网的所有引脚之后,线网便布通了。

电信网络路由。电信网络中的路由是通过路由表进行的。在每个节点的路由表中,对每个目的节点都列出了与该节点相连的节点,当有数据包到达时,通过查询路由表可知下一个将要到达的节点。首先对路由表中的信息素强度进

行初始化,在节点 x 以节点 i 为目的地址,邻节点为 J 处的信息素强度为 $\eta_{ih}=1/d_{ih}$, d_{ih} 为从 x 经节点 J 到节点 i 路径的最小费用值。然后周期性地释放蚂蚁来进行路由,并修改相应的信息素的值。仿真结果表明,无论呼叫式均匀分布还是集中分布,利用蚁群算法所得呼叫拒绝率和平均路径长度均小于最小负载法结果,在呼叫符合集中分布时,蚁群算法所得呼叫拒绝率低于最短路径法。

(2) 动态组合优化问题

蚁群算法在动态组合优化问题研究中的应用主要集中在通讯网络方面。这主要是由于网络优化问题有一些特征,如内部信息和分布计算,非静态随机动态,以及异步的网络状态更新等,这些与蚁群优化算法的特征匹配得很好。蚁群优化算法已经被成功地应用到了网络路由问题上。惠普公司和英国电信公司在 20 世纪 90 年代中后期都开展了这方面得研究,他们应用了蚁群路由算法(Ant Colony Routing, ACR)。每只蚂蚁就像在蚁群算法优化中一样,根据它在网络上的经验与性能,动态更新路由表项(Routing-Table Entries)。如果一只蚂蚁因为它经过了网络中堵塞的路段而导致了比较大的延迟,那么就对相应的表项做最小的增强;如果某条路段比较顺利,那么就对该表项做较大的增强。同时应用挥发机制,可以做到系统信息的更新,从而使得那些过期的路由信息不再保留。这样,在当前最优路径出现阻塞时,ACR 算法能很快找到另一条可替代的最优路径,从而提高路由的均衡性、网络负载量以及网络的利用率。

2 结束语

综上所述,目前人们对蚁群算法的研究已由当初单一的 TSP 领域渗透到了多个应用领域,由解决一维静态优化问题发展到解决多维动态组合优化问题,由离散域范围内研究逐渐拓展到了连续域范围内研究。而且在蚁群算法的硬件实现上取得了突破性进展,同时在蚁群算法的模型改进及与其它仿生优化算法的融合方面也取得了相当丰富的研究成果,从而使这种新兴的仿生优化算法展现出前所未有的勃勃生机,并已经成为一种完全与遗传算法相媲美的仿生优化算法。

参考文献

- [1]Dorigo M. Luca M. A study of Ant-Q [A]. Proceedings of 4th International Conference on Parallel Problem from Nature [C].Berlin:Springer Verlag. 1996:656.
- [2]Akibide Hiura. et al. Cooperative behavior of various agents in dynamic environment [J].Computers & Industrial Engineering, 1997,33(3):601.
- [3]Bilchev G.Parmee IC.Adaptive searching strategies for heavily constrained design spaces [A]. Proceedings of 22nd International Conference on Computer Aided Design[C].Yalta: U k rainc.1995:230.
- [4]Stutzle T.Hoos HH.MAX-MIN ant system and local search for the traveling salesman [C].In IEEE Int'l Conf.on Evolutionary Computation. Indianapolis:IEEE Press.1997:309-314.
- [5]Stutzle T.Hoos H H.MAX-MIN ant system [J]. Future Generation Computer System.2000,16(8):889-914.

作者简介

于艳艳(1984—),女,硕士研究生,主要从事图形图像处理方面的研究。