

蚁群算法的原理及其改进

陈晓梅

(广东财经职业学院, 广东 广州 510420)

摘要: 蚁群算法来源于对蚂蚁群体搜索行为的追踪研究, 其基于信息素的正反馈特性有助于快速找到最优解。但蚁群算法也有不足之处, 主要表现在当问题规模较大时, 容易陷入局部最优从而过早停滞。本文以旅行商(TSP)问题为基准, 介绍了蚁群算法的原理, 然后讨论了三种改进策略, 主要表现在对其关键因子——信息量增量进行调整, 这些改进策略有效地改善了蚁群算法过早停滞的现象。

关键词: 蚁群算法; 信息素; 信息素浓度

中图分类号: TP 311.12

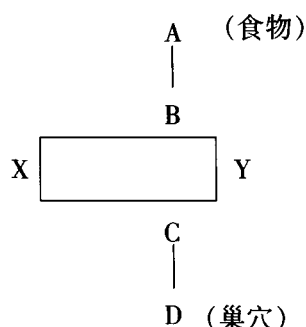
文献标识码: A

文章编号: 1672-402X(2006)04-0068-03

1 引言

蚂蚁是常见的昆虫, 科学家通过对蚂蚁觅食习性的研究, 他们发现, 单个蚂蚁没有太多的智力, 也无法掌握附近的地理信息, 但整个蚁群却可以找到一条从巢穴到食物源之间的最短路径。经过研究发现, 蚂蚁的这种协作功能是通过一种遗留在所经路径上的叫做信息素的化学物质来进行相互引导的, 蚂蚁在觅食过程中能够感知这种物质的存在及其浓度, 并以此来指导自己的运动方向, 因此某一路径上单位时间走过的蚂蚁越多, 后来的蚂蚁选择该路径的概率就越大, 整个蚁群就是通过这种信息素进行相互协作, 形成正反馈, 使多个路径上的蚂蚁逐渐聚集到最短的那条路径上来。

2 基本蚁群算法的原理



在图1中, 设A为食物, D为巢穴, 一群蚂蚁将在A和D之间来回运送食物。从A出发到D有两条路径, ABYCD较短, ABXCD较长。当蚂蚁从A点走到B点后,

对于第一只蚂蚁来说, 选择向X点或选择向Y点行走的概率是一样的, 而后面的蚂蚁则根据BYC和BXC这两条路径上前面蚂蚁所遗留信息素的浓度来决定取向(若两条路径浓度相同, 则被选择的概率相等), 由于路径BYC比BXC短, 因此路径BYC的信息素浓度比路径BXC增加得快, 这样就导致后面的蚂蚁选择路径BYC的概率高于选择路径BXC, 随着时间推移, 选择路径BYC(或CYB)的蚂蚁将越来越多, 最终所有的蚂蚁都会选择这条较短的路径行走。

3 蚁群算法的模型

基本的蚁群算法是和旅行商问题(TSP)的求解结合在一起的, TSP问题的数学描述是: 给定n个城市的集合 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, 设 d_{ij} 是城市 c_i 和城市 c_j 之间的距离, 寻找一条经过所有城市(每个城市只能经过一

次)的最短路径, 使 $L = \sum_{i=1}^n d_{i,i+1}$ 取最小值。

现给定一个有n个城市的TSP问题, m为总蚂蚁数, 以此建立蚁群算法的模型:

设 $T_{ij}(t)$ 为路径ij在时刻t上的信息素浓度。初始时刻($t=0$), 各条路径上信息量相等, $T_{ij}(0) = C$ (C为常数), 蚂蚁 $x(x=1, 2, \dots, m)$ 在行走过程中, 根据各条路径上的信息量决定下一条路径的选择, 在t时刻, 蚂蚁k由城市i转移到城市j的概率为:

$$\rho_k(t) = \begin{cases} \frac{[T_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{j \in \{\text{允许} k\}} [T_{ik}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}, & j \in \{\text{允许} k\} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

收稿日期: 2006-02-20

作者简介: 陈晓梅(1973~), 女, 广东广州人, 广东财经职业学院讲师, 硕士, 研究方向为计算机应用。

在这个公式中: η_{ij} 为能见度, $\eta_{ij}=1/d_{ij}$,在TSP问题中 d_{ij} 表示城市 i 到城市 j 的距离; α 和 β 为控制信息素和能见度之间相对重要性的参数;集合 $\{允许k\}$ 是指蚂蚁 k 尚未走过的城市集合,这个集合随着进化过程作动态调整。

经过 n 个时刻,所有蚂蚁都完成了一次周游。此时,计算每一只蚂蚁所走过的路径 L ,并存储蚁群所找到的最短路径 $L_{min}=\min\{L_i\}(i=1,2,\dots,m)$ 。在蚂蚁完成一次循环以后,各路径上的信息量进行如下调整:

$$T_{ij}(t+n) = \rho \times T_{ij}(t) + \Delta T_{ij};$$

ρ 表示残留信息的持久程度,此处 ρ 为 $0\sim 1$ 之间的常数, $1-\rho$ 则表示挥发因子,表示信息的挥发程度,

信息量增量 $\Delta T_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta T_{ij}^k$, ΔT_{ij}^k 表示蚂蚁 k 在本次循环中留在路径 ij 上的信息量,其计算模型是M.Dorigo提出的三种信息素增量计算模型的其中一种,称为ant cycle system,它利用的是整体信息,另两种模式是ant quantity system和ant density system,它利用的是局部信息。对于求解TSP问题,M.Dorigo认为ant cycle system的求解效果最好。

4 蚁群算法的改进

4.1 最大最小蚁群算法

最大最小蚁群系统(Max-Min Ant System, MMAS)是德国学者T.Stuetzle和H.Hoos提出的,是最具有贪婪式寻优特征的改进蚁群算法,目的在于防止过早的算法停滞现象。其基本做法是:限定信息浓度允许值的上下限,同时采用平滑机制。

如果信息素过度集中到几条较好的路径上,而其他路径由于长时间没有蚂蚁经过,信息素逐渐挥发并趋近于零,这样,蚂蚁就几乎不再选择这些信息素浓度极低的路径,从而丧失了寻求新路径的可能,此时就出现停滞现象。MMAS就是针对这种现象,对算法中: $T_{ij}(t) \in [T_{min}, T_{max}]$,当某条路径上的信息素浓度大于所设定的上限(T_{max}),则将其重新赋值为上限值;相反,则赋值为下限值(T_{min})。

采取了信息素浓度最大值和最小值限制策略后,算法的性能得到了提高,但算法仍然可能出现停滞现象。因此,可对其采用信息素的平滑机制等:按照比例更新的办法来调整信息素的浓度,使信息素浓度的增加值正比于 T_{max} 与路径 ij 上的信息素浓度 $T_{ij}(t)$ 的值。实验表明,最大最小蚁群算法在寻找解的有效性方面和防止算法的过早停滞方面有较大的改进。

4.2 自适应蚁群算法

自适应蚁群算法是一种基于分布均匀度的算法,它可以根据优化过程中解的分布均匀度,动态地调整信息量的更新策略和选择路径概率,以达到追求加速收敛和防止过早停滞之间的平衡。该算法对信息量的局部更新采用如下策略:

$$T_{ij}(t) = \begin{cases} T_{ij}(t) - 10/d_{ij}, & \text{选择该路径的蚂蚁达到一定数量,或一定数量的蚂蚁因选择该路径而终止遍历} \\ T_{ij}(t) + 1/d_{ij} \end{cases}$$

若多只蚂蚁选中同一路径后,信息量的浓度增加得太快就会使多只蚂蚁集中到该路径上来,所以可取 $1/d_{ij}$ 为增加的信息量。若选择某路径的蚂蚁达到一定数量,或多数蚂蚁选择该路径后因当前距离超过上一次的 shortest path 长度而终止遍历,信息量可取 $-10/d_{ij}$,大幅度降低该路径的信息量,使蚂蚁不会集中选择该路径,从而增加了其他路径被选的概率,让搜索得到的解趋于多样化。因此,这种自适应的信息量更新策略可以动态调节信息量,在加速收敛和解的多样性之间取得较好的平衡。

4.3 动态蚁群算法

蚁群算法根据信息量和启发函数来选择下一个转移的城市,如何确定信息素和启发函数是影响该算法性能的关键。基本蚁群算法中挥发因子 $1-\rho$ 为常数,无法约束信息量的变化,容易导致算法过早停滞。动态蚁群算法不使用一个固定的标准来选择下一城市,对路径的信息素更新采用动态挥发因子这一策略,信息素浓度越高,挥发因子越大,信息素浓度越小,挥发因子越小。该算法将挥发因子由常数变为以原信息素为参数的函数: $1-\rho(T_{ij})$,这样就对信息素的浓度进行了限制,改善了算法过早停滞的现象。事实上,最大最小蚁群算法是这个算法的特例。

5 结束语

蚁群算法是一种启发式算法,它来源于对蚂蚁群体搜索行为的追踪研究。蚁群算法可应用于组合优化问题求解、交通、人工智能、通信、电力系统等领域。但蚁群算法也有其不足之处,主要表现在其容易陷入局部最优化从而导致算法过早停滞。本文讨论了蚁群算法的三种改进策略,通过对算法关键因子——信息量增量进行调整,改善了蚁群算法过早停滞的现象。随着蚁群算法模型的不断丰富,其应用前景将会越来越光

明。

1997.

参考文献:

[1] Dorigo M, Maniezzo V, Colomi A. The ant system: optimization by a colony of cooperating agents[J]. IEEE Transactions on Systems,

[2] 吴启迪, 汪镭. 智能蚁群算法及应用[M]. 上海科技出版教育社, 2004, 4.

[3] 刘士新等. 蚁群最优化[J]. 系统工程学报, 2004, 10.

Theory and Improvment of Ant Colony System

Chen Xiaomei

(Information Management Department, GuangDong Finance and Economics College, GuangZhou 510420, China)

Abstract: Ant colony system (ACS) comes from study of searching activity of ant colony, it helps to find the optimized solution based on its positive feedback of pheromone. But ACS has its defect, if the scale is too big it will result in algorithm premature stagnation due to falling into partial optimization. This article introduces theory of ACS based on Traveling Salesman Problem (TSP), and then brings up three improvement methods. The methods are to adjust their key factors, pheromone, they effect on improvement the phenomenon of algorithm premature stagnation.

Key words: ant colony system; pheromone; pheromone concentration

(上接第 91 页)

Vocational institutions undergraduates multimedia technology and network applications to investigate and ponder

Wang Weijie¹ Chen Zhihua² Xu Wenpeng³

(1. The Network Center, Guangdong Polytechnical Normal University, Guangzhou, 510665;

2. The Network Center, Guangdong Polytechnical Normal University, Guangzhou, 510665;

3. Department of Computer Science, Guangdong Polytechnical Normal University, Guangzhou, 510065)

Abstract: This paper adopted by the institutions of vocational students to the use of multimedia technology and network trends survey, both technical analysis in the study of the impact of contemporary university students, and that the curriculum and teaching should strengthen the use of multimedia and network technology.

Key words: Multimedia and network technology, Tendency to use, the questionnaire.