

基于改进蚁群算法的武警后勤网络抗毁性分析

于世伟^{1,2} 刘武阳^{1,3} 陈英武¹ 邢立宁¹ 刘 燕¹

(国防科技大学信息系统与管理学院¹,长沙 410073;武警总部后勤部司令部²,北京 100089;湖南公安高等专科学校³,长沙 410138)

摘 要 将带有动态参数决策模型的改进蚁群算法应用到武警后勤网络抗毁性分析中。实例结果表明,方法是正确的、可行的和有效的。

关键词 参数设定 蚁群优化 作业车间调度问题 动态参数决策

中图法分类号 TP183 O224; **文献标志码** A

蚁群优化(Ant Colony Optimization, ACO)由意大利学者 Dorigo 首次提出^[1],已成功用于求解旅行商问题、二次分配问题和作业车间调度问题等组合优化问题^[2]。蚁群优化算法不需要提供任何关于环境的先验信息,而是通过蚁群的群体学习能力及正反馈效应而达到全局寻优的目的。蚁群优化算法特别适合于在离散优化问题的方案(解)空间上进行多点非确定性搜索,其研究及应用领域越来越广泛和深入^[3-8]。

采用蚁群优化算法、遗传算法等启发式搜索方法求解实际问题时,参数设定的好坏直接影响着启发式搜索方法的性能。由于缺乏理论指导,启发式搜索方法的参数设置一直是依靠经验和试验来确定,造成试验工作量大且难以得到最优的参数组合。鉴于此,很多学者已经开始研究启发式搜索方法的参数优化问题^[9]。文献[10]的研究结果表明,蚁群优化算法中的4个参数相互耦合、相互联系;仅依靠简单的参数组合很难找到理想的参数集。文献[11]探讨了蚁群优化算法中有关参数的设定原则,给出参数的有效取值范围。文献[12]将蚁群优化算法的参数设定问题看成一种多因素多水平的试验设计,从而能用较少的试验快速地设定算法参数。随着蚁群优化越来越广泛的应用,迫切需要一

种有效的理论和方法来指导其参数的设定^[13]。

1 武警后勤网络抗毁性问题

1.1 目标函数

目标函数是优化问题的关键,不同的目标函数将得到不同的优化结果。此外,目标函数也决定了优化的效率。本文采用自然连通度作为武警后勤网络抗毁性的测度指标,该指标从网络内部结构属性出发,通过计算网络中不同长度闭环数目的加权和刻画了网络中替代途径的冗余性,可直接从网络邻接矩阵的特征谱导出,在数学形式上表示为一种特殊形式的平均特征根,具有明确的物理意义和简洁的数学形式并且计算简单。

1.2 约束条件

复杂网络在数学上可以描述成一个图 $G = (V, E)$,其中 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ 表示节点集合, N 表示节点的数量, $E = \{e_1, e_2, \dots, e_W\}$ 表示边的集合, W 表示边数量。这里假设 $A(G) = [a_{ij}]_{N \times N}$ 表示网络的邻接矩阵。

网络的抗毁性受很多因素的影响,其中最主要的因素是网络中边的数目。如果没有边的数量限制,完全图将是抗毁性最优的网络。但是,构造一个网络总是有一定成本约束的,边的数量越多网络的成本越大。因此,将网络中边的数量作为约束条件,即研究边的数量给定的条件下,如何使得网络

的抗毁性最优。边的数量约束可以通过邻接矩阵表示

$$W = |E| = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j a_{ij} \quad (1)$$

1.3 优化模型

武警后勤网络抗毁性优化模型可表述为:

$$\begin{aligned} \max \bar{\lambda}(G) &= \ln \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e^{\lambda_i} \right) \\ \text{s. t. } &\begin{cases} \sum_i \sum_j a_{ij} = 2W \\ a_{ij} = a_{ji} \\ a_{ii} = 0 \\ \mu_{N-1} > 0 \\ a_{ij} = \{0, 1\} \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

这是一个典型的组合优化问题。

2 改进蚁群算法

以作业车间调度问题为例,来说明改进蚁群算法的工作流程。带有动态参数决策模型的改进蚁群算法需要解决以下问题:(1)信息素的定义与初始化;(2)如何按照状态转移规则构造可行解;(3)信息素的更新和(4)采用动态参数决策模型选择合适的参数。改进蚁群算法的优化流程如图1所示。

2.1 信息素的定义与初始化

笔者将信息素定义为一个维度为 $m \times n \times n$ (m 表示机器数目, n 表示任务数目)的矩阵 K 。任意元素 $K[i][j][k]$ 表示在机器 i 上,先加工任务 j (的工序)然后再加工任务 k (的工序)的概率。矩阵 K 中的元素都被初始化为 τ_0 。

2.2 按照状态转移规则构造可行解

基于仿真推进机制,笔者提出了一个作业车间调度问题可行解的构建机制。该机制可简单描述如下:如果当前有一些空闲机器(没有加工任何工序),人工蚂蚁就按照状态转移规则为这些机器安排下一道加工工序;如果所有的机器都是忙碌的(正在加工某个工序),则不断推进仿真时间,直到有一台或多台机器变成空闲机器。以上过程不断重复,直到所有工序都被加工处理。

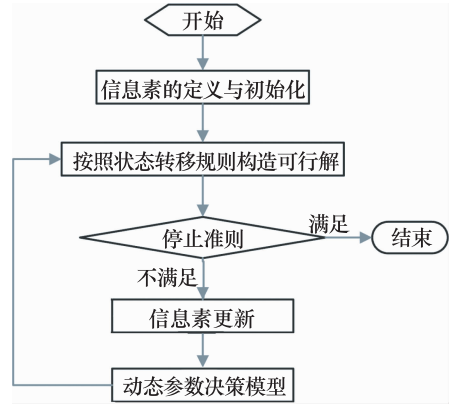


图1 改进蚁群算法的优化流程

状态转移规则可描述如下:当机器 i 完成任务 j (的工序)后,人工蚂蚁则按照下列分布(公式1)为该机器选择下一个任务 k (的工序)。

$$P(i, j, k) = \begin{cases} \frac{K(i, j, k)^a \eta_k^b \lambda_k^c \mu_k^d}{\sum_{h \in A(i, t)} (K(i, j, h)^a \eta_h^b \lambda_h^c \mu_h^d)}, & h \in A(i, t) \\ 0, & h \notin A(i, t) \end{cases} \quad (3)$$

式(3)中 $P(i, j, k)$ 表示机器 i 在完成任务 j (的工序)后,接着选择加工任务 k (的工序)的概率; K 表示信息素的启发值; η 表示工序加工时间的启发值; λ 表示任务剩余加工时间的启发值; μ 表示工序加工顺序的启发值; a, b, c, d 分别代表着四种不同启发值的权重; $A(i, t)$ 表示 t 时刻机器 i 可加工任务(的工序)的集合。在构建可行解的过程中,笔者采用伪随机比例规则(pseudo-random-proportional rule)^[6]替代传统的随机比例规则。

2.3 信息素的更新

2.3.1 局部更新规则

在每次迭代完成后,基于本次迭代获得的最优调度方案,蚁群算法应用局部更新规则来更新当前信息素水平。局部更新规则定义如下:

$$K(i, j, k) = K(i, j, k) + Q_L \quad (4)$$

式(4)中, i 表示机器编号; j 和 k 表示在机器 i 上连续加工的两个任务(的工序),并且任务 j (的工序)先于任务 k (的工序)加工; Q_L 表示局部更新阶段信息素的增量水平。

2.3.2 全局更新规则

在每次迭代完成后,如果当前全局最优调度方案(开始到当前迭代得到的最优调度方案)被改进,则蚁群算法基于该调度方案应用全局更新规则来更新当前信息素水平。全局更新规则定义如下:

$$K(i,j,k) = K(i,j,k) + Q_c \tag{5}$$

这里, Q_c 表示全局更新阶段信息素的增量水平。

2.3.3 信息素挥发规则

在每次迭代完成后,蚁群算法应用信息素挥发规则来更新当前信息素水平。为了降低蚁群算法陷入到局部最优的可能性,将信息素水平限制到 $[\tau_{\min}, \tau_{\max}]$ 范围内。信息素挥发规则定义如式(6)。

$$K(i,j,k) = \max\{\tau_{\min}, \min\{\tau_{\max}, (1 - \rho)K(i,j,k)\}\} \tag{6}$$

式(6)中 $\rho(0 \leq \rho \leq 1)$ 表示信息素的挥发系数。

2.4 动态参数决策模型

在蚁群算法的设计中,需要对表 1 中所列的 9 个参数进行合理的赋值。在优化过程中动态地合理调整各个参数的取值,是有效提高蚁群算法优化绩效的一种简单易行的方法。动态参数决策模型的主要作用是:在优化过程中,基于当前的优化结果,动态地合理调整各个参数的取值。

表 1 蚁群算法中需要合理设定取值的 9 个参数

符 号	取值范围	参数的具体含义
1 $Size$	[100,200]	蚁群的种群规模;
2 a	[0,10]	信息素的启发值权重;
3 b	[0,10]	工序加工时间启发值权重;
4 c	[0,10]	任务剩余加工时间启发值权重;
5 d	[0,10]	工序加工顺序启发值权重;
6 q_0	[0,1]	伪随机比例状态转移规则参数;
7 Q_c	[0.05,0.25]	全局更新阶段信息素的增量水平;
8 Q_L	[0.01,0.05]	局部更新阶段信息素的增量水平;
9 ρ	[0.01,0.10]	信息素挥发系数;

动态参数决策模型的工作机理(图 2)可表述为:在蚁群算法每次迭代之前,采用轮盘赌法(基于每个参数组合的工作绩效)随机地从多组待选参数组合中选择一个参数组合作为本次迭代的工作参

数;如果当前最优调度在本次迭代中被改进,则增加本次迭代所使用工作参数的工作绩效值;不断重复以上过程,直到蚁群算法的终止。

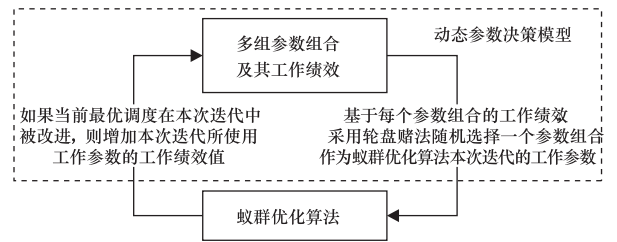


图 2 动态参数决策模型的工作机理

动态参数决策模型运行的一个简单实例如表 2 所示。在第一次迭代中,每个参数组合的工作绩效和被选概率分别被初始化为 1% 和 25%。假设采用轮盘赌法选中了参数组合 2 为蚁群优化算法第一次迭代的工作参数,且当前最优解在本次迭代中被改进,则参数组合 2 的工作绩效增加为 2;第二次迭代中每个参数组合的被选概率分别为 20%、40%、20% 和 20%。在蚁群优化算法的优化过程中,动态参数决策模型的工作机理既保证了以较高地概率使用那些拥有较高工作绩效(多次成功改进当前最优解)的参数组合;又保证了参数组合的多样性,使得可以采用多个参数组合推进蚁群优化算法的运行,可有效地提高蚁群优化算法的优化绩效。

表 2 动态参数决策模型运行的一个简单实例

参数组合	第一次迭代		第二次迭代	
	工作绩效	被选概率/%	工作绩效	被选概率/%
参数组合 1	1	25	1	20
参数组合 2	1	25	2	40
参数组合 3	1	25	1	20
参数组合 4	1	25	1	20

3 仿真实例

我们选择节点数量 $N = 150$, 边的数量 $N = 450$, 优化结果如下文所述。图 3 给出了自然连通度随迭代次数的变化图。可以看出,自然连通度随着迭代次数的增加而快速增加,从初始值 3.84 经过

1 164 次迭代后达到稳定最优值 12.16。作为参考,在图 3 中还给出了具有相同节点数量以及边的数量的无标度网络(实线)、规则环状格子(虚线)、随机网络(点划线)的自然连通度。可以看出,通过优化得到的网络抗毁性远远高于这些典型网络。

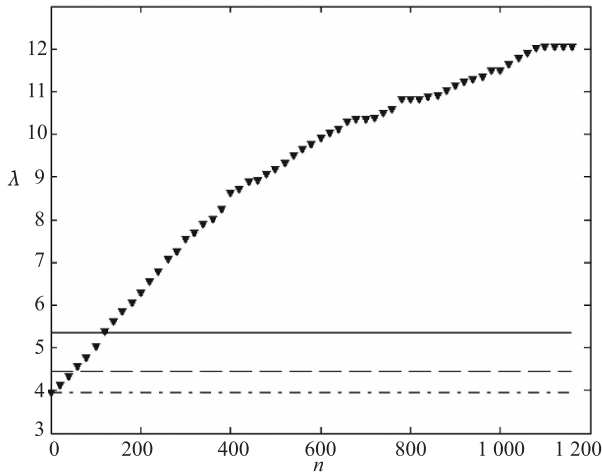


图 3 自然连通度随迭代次数变化图

4 结束语

本文的创新点:将带有动态参数决策模型的改进蚁群算法应用到武警后勤网络抗毁性分析中。实例结果表明,本文方法是正确的、可行的和有效的。

参 考 文 献

- 1 Dorigo M, Maniezzo V, Colormi A. The ant system: optimization by a colony of cooperation agents. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B* (S1083—4419), 1996; 26(1): 29—41

- 2 Maniezzo V, Colormi A. Ant system applied to the quadratic assignment problem. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* (S1041—4347), 1999; 11(5): 769—778
- 3 Aaron C Z, Angus R S, Holger R M, *et al.* Parametric study for an ant algorithm applied to water distribution system optimization. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* (S1089—778X), 2005; 9(2): 175—191
- 4 詹士昌,徐 婕,吴 俊. 蚁群算法中有关算法参数的最优选择. *科技通报*, 2003; 19(5): 381—386
- 5 黄永青,梁昌勇,张祥德. 基于均匀设计的蚁群算法参数设定. *控制与决策*, 2006; 21(1): 93—96
- 6 Dorigo M, Stutzle T. *Ant colony optimization*. Cambridge, MA: MIT Press, 2004
- 7 Adams J, Balas E, Zawack D. The shifting bottleneck procedure for job shop scheduling. *Management Science* (S0025—1909), 1988; 34(3): 391—401
- 8 Satake T, Morikawa K, Takahashi K, *et al.* Simulated annealing approach for minimizing the makespan of the general Job shop. *International Journal of Production Economics* (S0925—5273), 1999; (60—61): 515—522
- 9 Pezzella F, Merelli E. A Tabu search method guided by shifting bottleneck for the job shop scheduling Problem. *European Journal of Operational Research* (S0377—2217), 2000; 120(2): 297—310
- 10 Tarantilis C D, Kiranoudis C T. A list-based threshold accepting method for job shop scheduling problems. *International journal of production economics* (S0925—5273), 2002; 77(2): 159—171
- 11 Park B J, Choi H R, Kim H S. A hybrid genetic algorithm for the job shop scheduling problems. *Computers and Industrial Engineering* (S0360—8352), 2003; 45(4): 597—613
- 12 Murovec B, Suhel P. A repairing technique for the local search of the job-shop problem. *European Journal of Operational Research* (S0377—2217), 2004; 153(1): 220—238
- 13 Blum C, Sampels M. An ant colony optimization algorithm for job shop scheduling problems. *Journal of Mathematical Modeling and Algorithms* (S1570—1166), 2004; 3(3): 285—308

(下转第 5183 页)

北京:中国科学院研究生院硕士学位论文,2005

6 梁路宏,艾海舟,肖习攀,等. 基于模板匹配与支持矢量机的人脸检测. 计算机学报,2002;25(1):22—29

7 冯亚丽,蒋文文,刘泽光. 一种改进的基于肤色分割和 *PCA* 人脸检测的方法. 科学技术与工程,2010;10(10):2343—2347

Face Detection Based on Skin Color Model and Structural Features

XIAO Hong,NAN Wei-zhi

(School of Computer & Information Technology,Northeast Petroleum University,Daqing 163318,P. R. China)

[Abstract] Face detection plays a key role in automatic face recognition. A human face detection method based on skin color model and structural features of face is presented. Firstly,skin color pixels are extracted from face images,and CbCr Gaussian model can be constructed. Secondly,the likely region of face is gained according to the Gaussian model,and the binary image can be got by the best threshold. And then,use morphological processing to remove some non-face part of the image,so can be got the suspicious face region. Finally,the face region is chosen according to the structural features of face. The ideal effect can be achieved through using the method in the general character photos.

[Key words] face detection skin color model structural features

(上接第 5178 页)

An Improved Ant Colony Optimization to the Armed Logistics Network Survivability Analysis

YU Shi-wei^{1,2},LIU Wu-yang^{1,3},CHEN Ying-wu¹,XING Li-ning¹,LIU Yan¹

(College of Information System and Management Science,National University of Defense Technology¹,Changsha 410073,P. R. China;
Corps Headquarters,General Logistics Department,the Headquarters of the People’s Armed Police²,Beijing 100089,P. R. China;
Hunan Police Security College³,Changsha 410138,P. R. China)

[Abstract] An improved ant colony optimization with the dynamic parameter decision model is applied to the armed logistics network survivability analysis. The computational results show that the method is correct,feasible and effective.

[Key words] parameter setting ant colony optimization job shop scheduling problem dynamic parameter decision