

DOI: 10.16652/j.issn.1004-373x.2021.22.037

引用格式:董晓.一种高效的改进人工蜂群算法设计[J].现代电子技术,2021,44(22):179-182.

一种高效的改进人工蜂群算法设计

董 晓^{1,2}

(1.苏州大学,江苏 苏州 215006; 2.江苏联合职业技术学院,江苏 启东 226200)

摘 要:传统的人工蜂群算法在求解NP困难问题时算法性能较差、效率低,针对上述问题,文中提出一种具有并行计算功能的人工蜂群算法。在深入研究经典人工蜂群算法基本理论与算法细节的基础上,充分分析经典算法在应用时的不足,而新的改进算法通过引入MPI技术与SSH服务器,优化调整人工蜂群算法软件平台的计算架构。通过制定与设置切实可行的并行策略、拓扑结构和通信机制,最终得到基于并行计算的改进人工蜂群算法。仿真实验与数据分析结果表明,与经典人工蜂群算法相比,文中所提的改进算法具有较高的计算效率且所需的时间较少。

关键词:人工蜂群算法; MPI技术; SSH服务器; Linux操作系统; 并行计算; 仿真实验; 数据分析

中图分类号: TN919-34; TP312

文献标识码: A

文章编号: 1004-373X(2021)22-0179-04

Design of efficient and improved artificial bee colony algorithm

DONG Xiao^{1,2}

(1. Soochow University, Suzhou 215006, China; 2. Jiangsu Union Technical Institute, Qidong 226200, China)

Abstract: As the traditional artificial bee colony algorithm has poor performance and low efficiency in solving NP difficult problems, an artificial bee colony algorithm with parallel computing function is proposed. On the basis of the in-depth study of the basic theory and algorithm details of the classic artificial bee colony algorithm, the disadvantages and shortcomings of the classic algorithm in the application are fully analyzed. In the new improved algorithm, the MPI technology and SSH server were introduced to optimize and adjust the artificial bee colony algorithm software, and meanwhile the feasible parallel strategies, topological structures and communication mechanisms were formulated and set up, so that an improved artificial bee colony algorithm based on parallel computing was obtained. The simulation experiments and data analysis results show that, in comparison with the classic artificial bee colony algorithm, the improved algorithm proposed in the paper has higher computational efficiency and requires less time.

Keywords: artificial bee colony algorithm; MPI technology; SSH server; Linux operating system; parallel computing; simulation experiment; data analysis

0 引 言

随着人工智能技术的发展,群智能算法被广泛应用于实际生活的多种问题求解。与其他智能算法相比,群智能算法主要通过模拟具有较强的适应能力与协同能力的动物群体,实现相应的算法步骤与求解,例如蚂蚁和蜜蜂等^[1-3]。

在这些仿生算法中,利用蜜蜂寻找花蜜的机制,人工蜂群算法能够对众多NP问题进行建模与求解,具有较高的理论意义及应用价值。然而,在计算资源不断发展的背景下,经典人工蜂群算法的步骤与结构逐渐暴露

出了缺陷,严重影响了该算法在多个NP问题上的应用^[4-5]。例如:普通用户虽然拥有大量的计算资源,但只使用了较小的一部分;科研机构需要完成复杂的计算任务,但其计算资源却始终面临短缺^[6]。

针对上述问题,研究者提出了并行计算理念,即将复杂的计算任务分解为若干个子任务,同时发送到多个计算平台分别进行计算;再将计算结果整合,从而实现计算资源的合理利用,提高优化算法的效率、降低时间复杂度。而经典人工蜂群算法也面临着并行计算概念的改进及优化,以期提高NP问题的求解效率^[7]。

收稿日期:2021-02-23

修回日期:2021-04-07

基金项目:江苏省自然科学基金青年基金项目(BK20190838);中国职业技术教育学会课题(1900375)

1 经典人工蜂群算法

2005 年,为了解决群智能的全局优化问题,Karaboga 提出了模拟蜂群采蜜行为的人工蜂群算法。通常而言,人工蜂群算法的目标是搜索蜜量最大的蜜源,算法的角色主要由采蜜蜂、侦查蜂与观察蜂组成^[8-9]。其中,采蜜蜂主要负责利用已有的蜜源信息搜索新蜜源,同时与观察蜂分享蜜源信息;观察蜂主要负责保存、更新蜜源的具体信息;侦查蜂主要负责在蜂房附近随机搜索蜜源。经典人工蜂群算法流程如图 1 所示。

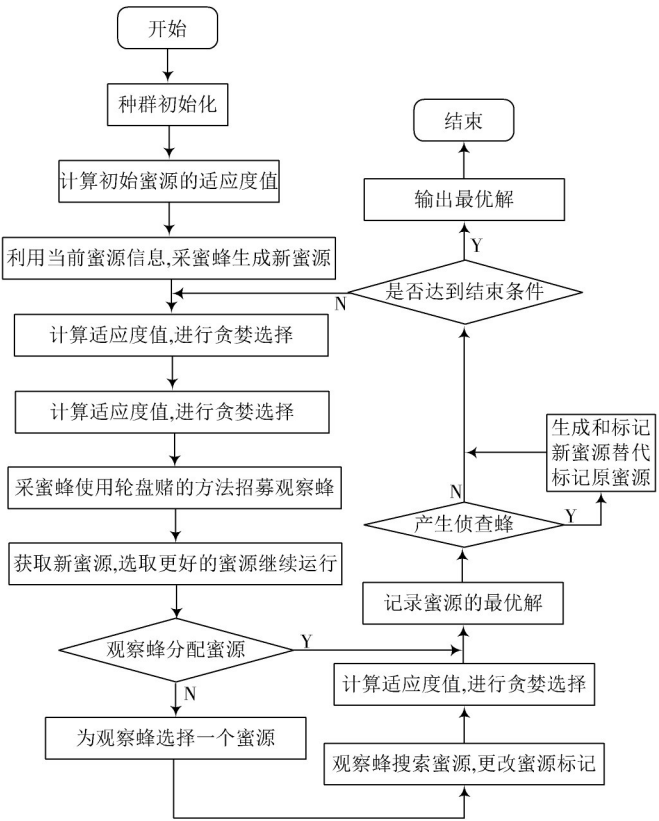


图 1 经典人工蜂群算法流程

图 1 中,人工蜂群算法的步骤大致可分为初始化、迭代循环与终止判断,具体步骤如下:

- 1) 算法初始化。设置种群大小、最大迭代次数与终止判断条件等多项参数。
- 2) 迭代循环。采蜜蜂计算已有蜜源的适应度函数,根据公式执行随机的领域搜索,观察蜂跟随适应度函数值较高的采蜜蜂。当适应度函数值在多次迭代后不再变化时,则将采蜜蜂转换为侦查蜂。
- 3) 终止判断。判断蜜源的终止判断条件,若当前蜜源不满足该条件,则跳转步骤 2) 继续执行;否则,算法结束,输出最优解。

在算法步骤中,令 D 和 N 表示采蜜蜂的参数维度与蜜蜂种群的个数, $j \in \{1, 2, \dots, D\}$, $i, k \in \{1, 2, \dots, N\}$ 且

$k \neq i$; 令 v_i^j 表示第 i 个采蜜蜂随机生成的第 j 维参数, e_i^j 表示第 i 个采蜜蜂的第 j 维原参数, e_k^j 表示第 i 个采蜜蜂的第 k 维原参数, δ 是 $[-1, 1]$ 范围之内的随机数, 则采蜜蜂执行随机的领域搜索公式如下所示:

$$v_i^j = e_i^j + \delta \cdot (e_i^j - e_k^j) \tag{1}$$

此外,令 N' 表示采蜜蜂的数量, f_i 表示第 i 个采蜜蜂的适应度函数计算值, p_i 表示将第 i 个采蜜蜂设置为观察蜂的概率, 则 p_i 的计算公式如下:

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^{N'} f_i} \tag{2}$$

2 并行计算技术

为了提高经典人工蜂群算法的执行效率,本文基于 Linux 平台引入了 MPI 与 SSH 服务器的相关技术,从而调整人工蜂群算法的整体架构,优化算法的总体性能。

2.1 MPI 技术

MPI 是一种支持点对点与广播模式的跨语言信息传递接口技术,可以适配经典的 C 语言与 Fortran 等多种语言,实现并行的计算功能^[10]。在运行过程中, MPI 技术需要设置多个参数,如表 1 所示。

表 1 MPI 技术的相关参数

参数名称	功能说明
buffer	接收和发送缓冲区
count	接收和发送数据数量
destination	传送信息的目的地地址
source	发送信息的原地址
tag	信息非负标识符
comm	信息域和目的地地址的上下文集合
status	标识消息是否被处理

除了各种参数以外, MPI 技术还需要调用多个常用的函数完成信息的发送、接收与广播等多项功能。这些函数的具体功能介绍如表 2 所示。

2.2 SSH 服务器

SSH (Secure Shell) 技术是一种具有主节点与从节点的安全通信协议。该协议一般在应用层与传输层上工作。在安装 SSH 服务器的软件包后,不同的系统之间可以利用 SSH 服务器相互登录^[11]。在实现多种系统的通信前,参与通信的计算机需输入 Sudo 命令,再利用 SSH 协议语句进行系统的登录^[12-13]。

利用 SSH 服务器技术,文中还实现了不同设备之间的无密码登录。其具体步骤为:

- 1) 本地设备运行 SSH-keygen 指令生成本机的公钥与私钥;
 - 2) 复制本机公钥并发送到远程设备的 SSH 目录;
 - 3) 利用数据流重定向技术将公钥放入信任列表文件中;
 - 4) 将公钥文件的访问权限设置为仅管理员可修改。
- 利用该方式,实现了不同计算设备之间的无密码访问,其适用于点到点的通信模式。

表 2 MPI 技术的常用函数

函数名称	功能说明
MPI_Init	完成 MPI 技术的初始化
MPI_Comm_size	返回通信域的进程数量
MPI_Comm_rank	返回通信进程的标号
MPI_Finalize	终结 MPI 的执行环境
MPI_Send	完成信息的发送
MPI_Recv	完成信息的接收
MPI_Bcast	利用广播模式将信息发送到通信域的所有进程
MPI_Scatter	将根进程的信息分散发送给通信域的其他进程

3 并行人工蜂群算法

利用改进的 Linux 并行计算平台,通过制定切实可行的并行策略、拓扑结构与通信机制,文中实现了具有并行功能的改进人工蜂群算法。

3.1 并行策略

在算法执行中,文中将所有蜂群个体均匀分为多个子种群,同时分别将其分配到处理器,而这些处理器各自执行人工蜂群算法。在这些处理器中,存在一台设备作为主节点,完成参数实时的展示和数据的分配等任务。

假设令 n_s 表示子种群的个体数量, N 表示蜂群的所有个体数量, n_c 表示执行算法的计算设备数量, I 表示算法的最大迭代轮数, I_s 表示子种群的最大迭代轮数, C 表示子种群之间的最大通信次数,则这些参数之间的关系如下:

$$n_s = \frac{N}{n_c}$$

(3)

$$I_s = \frac{I}{C}$$

(4)

3.2 拓扑结构和通信机制

为了提高并行人工蜂群算法的性能和效率,文中在子种群之间的通信过程中,使用了环形拓扑结构,其具体内容:在前期执行过程中,设置所有计算设备的序

列号,所有设备之间只能利用该序列号进行交互和通信,且每个计算设备均需要接收邻近设备的最优解。若接收的最优解优于当前解,则替换当前解,并将最优解发送到下一个设备。需要说明的是,这些算法的操作均是在 SSH 服务器和 MPI 技术的基础上实现的。

3.3 算法流程

基于并行策略、拓扑结构和通信机制,文中实现了具有并行计算功能的人工蜂群算法,其具体流程如下:

- 1) 初始化。设置控制设备的相应参数,即种群数量 N 、最大迭代轮数 I 、侦查蜂阈值 B 、通信次数 t 和最大通信次数 T 。
- 2) 控制设备计算子设备的相关参数,即子种群数量 n_s 及其最大迭代次数 I_s 。
- 3) 控制设备发送当前解的数据,所有子种群接收和存储这些数据。
- 4) 子种群随机生成多个可行解,计算这些解的适应度函数值,通过比较,获取适应度最大或最小的可行解,并对其进行必要的标记和存储。
- 5) 利用贪婪算法的原则,采蜜蜂执行领域搜索操作。
- 6) 利用适应度函数值的计算和搜索结果,计算子种群中观察蜂的跟随概率。
- 7) 按照采蜜蜂的搜索方法,观察蜂开始执行领域搜索操作。
- 8) 如果领域搜索次数大于 B ,则不再限制采蜜蜂的搜索范围。
- 9) 如果所有子种群的最大迭代次数 $I_s > t$,跳转至步骤 10);否则,跳转至步骤 5)。
- 10) 以广播的方式向所有子种群通报最优解,替换所有的当前解。
- 11) 如果通信次数 $t \geq T$,终止该算法,输出最优解;否则,跳转至步骤 5)。

4 仿真结果与分析

为了验证改进人工蜂群算法的有效性,文中利用旅行商问题,分别对经典和改进人工蜂群算法进行必要的仿真与分析。其中,旅行商问题是组合优化领域的 NP 困难问题,文中使用的仿真样例编号分别是 ch130 和 ch150。需要说明的是,旅行商问题解的适应度函数值越小,则该解的质量越高。经典和改进人工蜂群算法的相关参数及仿真结果分别如表 3 和表 4 所示。

由表 3 和表 4 可知:在其他参数相同时,种群数量的增加将提高两种人工蜂群算法的执行难度,导致算法的时间复杂度增加,且其最终解的质量下降;而在执行同

一个算法和设置相同参数的前提下,改进人工蜂群算法具有更低的时间复杂度,且能够得到质量更高的最终解。综上所述,与经典算法相比,基于并行计算的改进人工蜂群算法具有更高的执行效率和更低的时间复杂度。

表3 经典和改进人工蜂群算法的仿真参数

仿真参数	ch130	ch150
种群个体数量	96	192
最大迭代次数	10 000	10 000
最大通信次数	200	200

表4 经典和改进人工蜂群算法的仿真结果

仿真参数	ch130		ch150	
	经典算法	改进算法	经典算法	改进算法
计算时间 /h	44.81	11.19	55.26	18.92
最终解适应度	9 841	9 102	9 945	9 260

5 结 语

基于MPI技术和SSH服务器等Linux平台技术,通过制定相应的并行策略、拓扑结构和通信机制,本文提出了具有并行计算功能的改进人工蜂群算法。与经典算法相比,该算法有效降低了时间复杂度且提高了计算效率。然而,本文并未对改进算法在工程应用中的稳定性进行深入的研讨和测试,在未来的研究中将继续解决这一问题。

参 考 文 献

[1] 贾凯,倪志伟,李敬明,等.基于改进二进制人工蜂群的BP神

经网络并行集成学习算法及其应用研究[J].系统科学与数学,2019,39(3):477-494.

[2] 孙鹏,武君胜,陈冠宇,等.基于人工蜂群算法的指控结构适应性调整方法[J].计算机应用研究,2019,36(3):681-686.

[3] 翟光明,李国和,吴卫江,等.基于Spark的人工蜂群改进算法[J].计算机应用,2017,37(7):1906-1910.

[4] 黄文明,徐双双,邓珍荣,等.改进人工蜂群算法优化RBF神经网络的短时交通流预测[J].计算机工程与科学,2016,38(4):713-719.

[5] 刘铭,黄凡玲,傅彦铭,等.改进的人工蜂群优化支持向量机算法在入侵检测中的应用[J].计算机应用与软件,2017,34(1):230-235.

[6] 李志雄,王宗彦,董浩,等.面向主梁优化的改进人工蜂群算法[J].机械设计与研究,2017,33(3):99-104.

[7] 刘晓芳,柳培忠,骆炎民,等.平衡搜索的改进人工蜂群算法[J].华侨大学学报(自然科学版),2019,40(1):128-132.

[8] 王伟伟,郭秀萍,周玉莎.求解随机拆卸线平衡问题的改进人工蜂群算法[J].工业工程与管理,2018,23(2):16-22.

[9] 李华,卢静.改进人工蜂群算法的无线传感器网络覆盖优化[J].现代电子技术,2018,41(3):14-18.

[10] 李彦苍,彭扬.基于信息熵的改进人工蜂群算法[J].控制与决策,2015,30(6):1121-1125.

[11] 贺思云,高建瓴,陈岚.基于改进人工蜂群算法的K-means聚类算法[J].贵州大学学报(自然科学版),2017,34(5):83-87.

[12] 杜振鑫,刘广钟,韩德志.改进基于记忆的人工蜂群算法[J].北京邮电大学学报,2017,40(5):61-66.

[13] 胡红萍,崔霞霞,续婷,等.一类改进的人工蜂群算法[J].中北大学学报(自然科学版),2017,38(4):397-403.

[14] 邓星,张竞丹,邵海见,等.基于改进人工蜂群进化算法的移动机器人路径规划与仿真分析[J].江苏科技大学学报(自然科学版),2020(2):66-71.

作者简介:董 晓(1977—),男,江苏启东人,硕士,讲师,研究方向为软件工程、信息化教学。