



研究与开发

基于混沌反向学习改进灰狼算法的移动网络调度运行信息共享方法

余昕越, 张艺镨, 张勇, 杨林, 高卫东, 郭岩

(中国南方电网电力调度控制中心, 广东 广州 510670)

摘要: 为了提高移动网络调度运行信息的效用程度, 提出了基于混沌反向学习改进灰狼算法的移动网络调度运行信息共享方法。在研究信息内部网/省调隔离区 (demilitarized zone, DMZ)、网/省调 III 区之间的信息共享结构的基础上, 通过包含共享任务层、信息层以及用户层的三层调度网络模型实现信息共享, 并确定信息效用最大化的信息调度优化目标函数, 通过灰狼算法求解该目标函数, 获取信息调度结果; 为获取更佳的目标函数求解结果, 创新性地引入混沌反向学习和信息共享搜索策略, 优化灰狼算法的初始种群和交流能力, 以此获取更佳的求解结果, 实现信息最优共享。测试结果显示: 该方法具有较好的应用性能, 信息效用值均达到 20 以上, 偏差率低于 0.12、拟合优度高于 0.92, 能够完成不同传输模式下的信息共享, 并且呈现共享信息详情。

关键词: 混沌反向学习; 改进灰狼算法; 移动网络; 调度运行; 信息共享; 共享搜索策略

中图分类号: TP3393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2023164

Mobile network scheduling and operation information sharing method based on chaos reverse learning improved grey wolf algorithm

YU Xinyue, ZHANG Yipu, ZHANG Yong, YANG Lin, GAO Weidong, GUO Yan

Power Dispatching and Control Center of China Southern Power Grid, Guangzhou 510670, China

Abstract: In order to improve the effectiveness of mobile network scheduling operation information, a method of mobile network scheduling operation information sharing based on chaos reverse learning improved gray wolf algorithm was proposed. On the basis of studying the information sharing structure between the information intra-net/provincial dispatching demilitarized zone (DMZ) and the network/provincial dispatching III area, the information sharing was realized through a three-layer scheduling network model including the sharing task layer, the information layer and the user layer, and the information scheduling optimization objective function to maximize the information utility was determined, and the information scheduling results were obtained by solving the objective function through the grey wolf algorithm. In order to obtain better solution results of the objective function, chaos reverse learning and information sharing search strategy were introduced to optimize the initial population and communica-

tion ability of the grey wolf algorithm, so as to obtain better solution results and realize the optimal information sharing. The test results show that the method has good application performance. The information utility values are all above 20, the deviation rate is lower than 0.12, and the goodness of fit is higher than 0.92. It can complete information sharing under different transmission modes and present the details of shared information.

Key words: chaos reverse learning, improved grey wolf algorithm, mobile network, dispatch operation, information sharing, sharing search policy

0 引言

移动网络不等同于移动互联网,其指的是使用移动设备即可通过浏览器完成全球广域网(Web)服务的网络^[1-2]。作为保证民生和社会发展重要支撑,电力系统在应用过程中,通过移动网络完成各设备各个层级之间大量运行信息连接和访问的协调调度。为保证协调调度效果,需要借助移动网络更高效、更可靠地实现各层级部门之间的运行信息共享^[3-5]。因此,如何通过移动网络更好地实现调度运行信息的可靠和低成本共享,即如何实现共享信息效用最大化,这成为各个电力企业运行管理的重要内容。

文献[6]提出一种基于改进拜占庭容错算法的区块链数据共享系统。设计智能合约架构和区块链调度机制;改进拜占庭容错算法,基于以太坊平台实现数据共享。该方法未进行共享搜索处理,共享偏差较大。文献[7]为实现数据共享,以联邦增量学习方法为核心,提出相关的数据共享方法,该方法通过对数据进行融合处理,实现数据共享;但是该方法在应用过程中,网络在不同传输模式下的共享结果和真实结果之间偏差较大。文献[8]为实现网络信息共享,基于区块链研究相关的信息共享机制,该机制可对信息进行双重过滤处理,并引入用户隐私处理,以此保证信息的安全共享;但是该机制在应用过程中,无法实现信息效用最大化。文献[9]研究了试验数据库共享问题,在数据共享的同时,设计数据库访问控制技术和数据块矩阵保护敏感数据。该方法未对共享调度进行优化,成功共享比例较小。文献[10]提出基于区块

链混沌和派利尔映射的数据共享方法;搭建云计算环境;构建区块链混沌模型,通过区块链在云服务器中为数据编码注册;通过智能合约实现数据的身份验证,实现云环境中用户之间的数据共享。该方法的数据映射不准确,数据共享偏差较大。

灰狼算法属于一种群体智能优化算法,该算法是依据狼群的等级制度,通过猎物勘探、包围以及攻击等步骤完成狩猎行为,获取最优目标结果。混沌反向学习能够依据混沌映射对当前解目标进行反向选择和替代,以此进行当前解迭代寻优,提高算法种群质量以及多样性。同时,需要通过三层调度网络模型实现信息共享。三层调度网络模型需要解决任务、信息和用户之间的调度问题,以最大化信息效用。这些问题都属于优化问题,传统的优化方法包括贪心算法、动态规划算法、遗传算法等。然而,这些方法存在一些缺陷,如易陷入局部最优解、计算复杂度高等。因此,本文引入灰狼算法和混沌反向学习,通过优化初始种群和交流能力,可以加速求解过程,降低计算复杂度。灰狼算法和混沌反向学习还可以帮助避免局部最优解,提高求解精度,从而获得更优的信息共享结果。

1 移动网络调度运行信息共享

1.1 移动网络调度运行信息共享方法结构

本文针对电力系统对于调度运行信息的共享需求,结合移动网络的运行特点,提出基于混沌反向学习改进灰狼算法的移动网络调度运行信息共享方法,移动网络调度运行信息共享方法结构如图1所示。

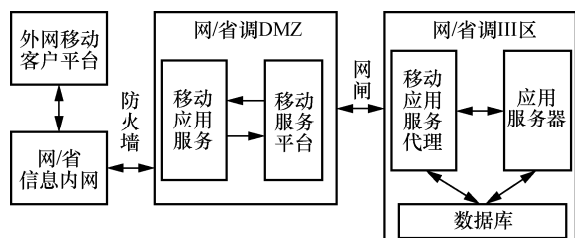


图1 移动网络调度运行信息共享方法结构

该方法在应用过程中，构建网/省调隔离区（DMZ）的部署移动应用，同时将虚拟专用网络（VPN）出口设定为信息内网的出口；信息内部网和省调 DMZ 之间的互联通过防火墙连接，并且 DMZ 可通过信息内部网的 VPN 出口和移动终端连接，以此保证各个层级之间的信息共享。除此之外，省调 DMZ 和省调 III 区之间采用网闸进行隔离，前者无法直接对后者进行访问，后者可直接对前者进行访问；移动网络将服务代理部署在省调 III 区内，以此实现省调 III 区和移动网络之间的信息交互，实现共享。

1.2 信息效用最大化的目标函数设计

1.2.1 硬件结构

信息共享的实现是通过图 1 中的几个部分结合完成，省调 III 区信息共享硬件结合关系如图 2 所示。

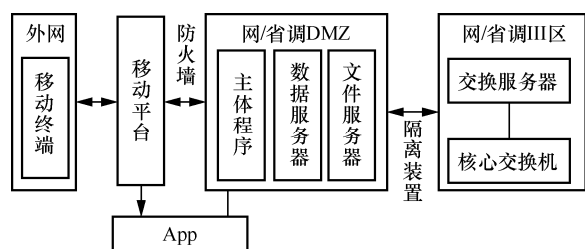


图2 省调 III 区信息共享硬件结合关系

在 DMZ 中部署主体程序和数据存储服务器，用于实现相关应用的运行支撑和数据存储；并且在省调 III 区部署数据交换服务器，实现电力调度信息共享。

1.2.2 模型组成

调度运行信息中存在一定的重复信息或者相似信息，会导致信息交互后的效用较低；因此，

为保证信息共享后的利用效用，需要实现信息的高效共享。本文方法在信息共享过程中，提出三层调度网络模型。该模型包含 3 个部分，分别为共享任务层、信息层以及用户层。其中，共享任务层指需要进行信息共享的任务集合，信息层指需要共享的信息集合，用户层指需要获取信息的用户集合。

该模型可以通过集合的方式进行描述，如果网络中的信息共享任务数量用 J 表示，信息和用户数量分别用 K 和 I 表示，则信息共享任务集合为 $T=\{1, \dots, J\}$ ，用户集为 $U=\{1, \dots, I\}$ ，信息集为 $D=\{1, \dots, K\}$ ，用户 i 能够共享的信息子集用 $E_i \subseteq D$ 表示。

(1) 用户层

每一个信息共享任务和每一个用户、信息之间均存在相互对应的关系。用户在被调度参与信息共享任务时，会产生共享成本，没有参与共享的用户的共享成本为 0，因此，第 i 个用户是否被调度参与信息共享用 $x_{i,k} \in \{0,1\}$ 表示，即 $x_{i,k}=1$ ，表示该用户被调度参与信息共享，反之表示没有被调度参与信息共享。因此，为使用户参与信息共享，需要保证共享成本总和不可超过用户的自身预算，一旦超过后，用户则会退出该网络。基于此用户预算约束条件计算式为：

$$\sum_{k \in S_i} x_{i,k} \cdot c_{i,k} \leq C_i \quad (1)$$

其中， $c_{i,k}$ 表示用户 i 在进行第 k 个信息共享时的成本， C_i 表示用户 i 的总预算。

用户对于信息共享能力的约束条件计算式为：

$$x_{i,k} \leq E_{i,k} \quad (2)$$

在考虑网络可以连接全部用户的情况下^[11]，本文通过二进制矩阵描述全部用户的调度矩阵，在此基础上获取全部用户的信息共享成本计算式：

$$C(x) = \sum_{i \in U} \sum_{k \in S_i} x_{i,k} \cdot c_{i,k} \quad (3)$$

(2) 信息层

信息共享实现的前提条件为网络至少存在一个用户,在忽略其他外在因素的情况下^[12],能够对信息 k 进行共享的用户子集用 $U_k = \{i \in U | k \subseteq E_i\}$ 表示, k 是否被成功共享用 $y_k \in \{0,1\}$ 表示,即 $y_k = 1$ 时表示成功共享,反之则不成功。因此,信息成功共享的计算式为:

$$y_k = \max \{x_{i,k}, \forall i \in U_k\} \quad (4)$$

其中,信息共享向量用 $\mathbf{y} = \{y_k, k \in D\}$ 表示。

(3) 共享任务层

信息共享任务发布者指的是信息需求方,其在进行信息共享任务发布时^[13],需要上报任务的信息需求和任务价值;信息需求表示更改信息共享任务完成时所需的全部信息;任务价值表示信息共享任务完成后给发布者带来的价值,主要是指在决策过程中,某个信息所提供的价值最大化,即该信息提供的帮助程度最大化。共享任务 j 所需的信息集用 $D_j \subseteq D$ 表示, j 完成时的价值用 v_j 表示。任务 j 是否被完成用 $z_j \in \{0,1\}$ 表示,即 $z_j = 1$ 表示该任务完成,反之则没完成。对于所有信息共享任务 $j \in T$ 而言,其完成的约束条件计算式为:

$$z_j = \min \{y_k, \forall k \in D_j\} \quad (5)$$

其中, $\mathbf{z} = (z_j, j \in T)$ 表示全部共享任务的调度矩阵,以此计算全部共享任务的总价值,其计算式为:

$$V(\mathbf{z}) = 1 - e_j = 1 - \frac{1}{\ln T} \sum_{j \in T} \frac{z_j}{\sum_{j=1}^T v_j} \ln \frac{v_j}{\sum_{j=1}^T v_j} \quad (6)$$

其中, e_j 为各任务价值的信息熵。

三层调度网络模型的目的是获取一组总成本最低且稳定性最强的用户子集来实现信息共享,并且完成总价值最高的一组信息共享任务^[14-15],该情况也可称为效用最大化。该效用用 $W(\mathbf{x}, \mathbf{z})$ 表示,定义 $V(\mathbf{z})$ 和 $C(\mathbf{x})$ 之间的差值,结合式 (3) 和式 (6) 得到 $W(\mathbf{x}, \mathbf{z})$ 的计算式为:

$$W(\mathbf{x}, \mathbf{z}) = V(\mathbf{z}) - C(\mathbf{x}) \quad (7)$$

1.2.3 目标函数

结合第 1.2.2 节分析的模型各层内容详情,得出移动网络调度运行信息最优共享目标函数,实现信息效用最大化。共享结果用最优调度解 $\{x, y, z\}$ 表示,因此,可将信息共享问题构建信息调度优化问题,其计算式为:

$$\text{st}(\mathbf{o}) \begin{cases} \sum_{k \in S_i} x_{i,k} \cdot c_{i,k} \leq C_i \\ x_{i,k} \leq E_{i,k} \\ y_k = \max \{x_{i,k}, \forall i \in U_k\} \\ z_j = \min \{y_k, \forall k \in D_j\} \end{cases} \quad (8)$$

$$\text{var}(\mathbf{p}^k) \begin{cases} x_{i,k} \in \{0,1\}, \forall i \in U_k, k \in E_i \\ z_j \in \{0,1\}, j \in T \\ y_k \in \{0,1\}, k \in D \end{cases} \quad (9)$$

1.3 信息共享目标函数优化求解

1.3.1 基于灰狼算法的目标函数求解

本文采用灰狼算法进行移动网络调度运行信息共享目标函数求解,该算法应用后能通过循环迭代获取狼群中等级最高的 α 狼,其为目标函数的最优解;除此之外,还可得出次优解狼群等级,按照降序进行排列为 β, δ, η 。该算法在求解过程中,主要通过模拟狼群的猎物勘探、包围以及攻击 3 个行为完成目标函数求解。

(1) 猎物勘探行为

该行为的数学模型计算式为:

$$S = |C \times O_{\text{prey}}(t) - O(t)| \quad (10)$$

$$O(t+1) = O_{\text{prey}}(t) - A \times S \quad (11)$$

其中, S 表示距离参数; $O_{\text{prey}}(t)$ 和 $O(t)$ 均表示位置, $O_{\text{prey}}(t)$ 对应猎物当前所处位置, $O(t)$ 对应灰狼个体在 t 次迭代后所处位置; A 表示随机数; C 表示扰动向量。

(2) 猎物包围行为

在该行为中的数学模型计算式为:

$$\begin{cases} S_\alpha = C_1 \times O_\alpha(t) - O(t) \\ S_\beta = C_2 \times O_\beta(t) - O(t) \\ S_\delta = C_3 \times O_\delta(t) - O(t) \end{cases} \quad (12)$$



其中, 狼 α 、 β 、 δ 和其他狼之间的距离用 S_α 、 S_β 和 S_δ 表示; 三头狼的当前位置用 $O_\alpha(t)$ 、 $O_\beta(t)$ 、 $O_\delta(t)$ 表示。

(3) 猎物攻击行为

在该行为中, 狼 α 、 β 、 δ 处于潜在状态, 并且三者能够更好地确定猎物所在的位置, η 狼则朝三者所在地位置进行移动, 对猎物发动攻击, 并且灰狼群体可依据狼 α 、 β 、 δ 所在位置进行灰狼位置更新, 三者所在位置计算式和位置更新计算式分别为:

$$\begin{cases} O_1 = O_\alpha(t) - A \times S_\alpha \\ O_2 = O_\beta(t) - A \times S_\beta \\ O_3 = O_\delta(t) - A \times S_\delta \end{cases} \quad (13)$$

$$O(t+1) = \sum_{j=\alpha,\beta,\delta} w_j O_{ij}(t+1) \quad (14)$$

其中, w_i 表示权重系数。依据上述计算式即可获得灰狼位置, 该位置即为目标函数的求解结果。

1.3.2 基于混沌反向学习的求解优化

在目标函数的求解过程中, 为保持灰狼种群的多样性, 实现种群个体最佳的均匀分布, 本文将混沌初始化方法和反向学习策略结合, 形成混沌反向学习方法, 通过该方法对灰狼算法的初始种群进行初始化处理, 以此提升算法的收敛速度, 并且为保证算法的遍历效果, 混沌映射采用 Cat 可逆混沌映射完成, 以此获取全局最佳目标解。

Cat 可逆混沌映射计算式为:

$$\begin{bmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \end{bmatrix} \bmod 1 \quad (15)$$

其中, x 、 y 表示序列。该映射结构简单, 遍历均匀性更佳, 能够更快完成算法收敛。

基于混沌反向学习方法的种群初始化详情如下所述。

(1) 通过 Cat 可逆混沌映射获取初始解 O_i , 其数量用 N 表示。

(2) 获取各个 O_i 的反向解 OP_i , 其计算式为:

$$OP_i = \mu(\mathbf{O}_{\min}^d + \mathbf{O}_{\max}^d) - O_i \quad (16)$$

其中, μ 表示随机数; $\mathbf{O}_{\min}^d$ 和 $\mathbf{O}_{\max}^d$ 分别表示最大值和最小值, 均属于第 d 维向量, 且对应全部初始解。

(3) 将 O_i 和 OP_i 进行合并处理后, 并以适应度值为标准, 按照由小到大的顺序, 排列合并结果, 并获取前 N 个较优解为灰狼算法的初始种群。

1.3.3 信息共享搜索策略

灰狼算法在进行目标函数求解的过程中, 狼 α 、 β 、 δ 是通过一定概率对 η 狼进行引导, 使其移动至目标解的搜索空间内。在该过程中, 狼会形成种群聚集、多样性较差, 并且种群之间的交流能力较差。因此, 在通过上述小节完成灰狼种群初始化的优化后, 依据信息共享概念提出信息共享搜索策略, 通过该策略获取更佳的信息共享结果。该策略共分为 3 个步骤, 分别是信息初始化、信息共享以及信息更新。

(1) 信息初始化

该步骤的主要目的是在给定的解搜索空间内, 完成优化后初始种群的分布, 其计算式为:

$$O_{ij} = lb_j + \mu(g_{ub_j} - g_{lb_j}) \quad (17)$$

其中, $i \in [1, N]$, $j \in [1, d]$; g_{ub_j} 和 g_{lb_j} 分别表示解搜索空间的上限和下限; l 表示信息长度; b_j 表示第 j 个目标解。

在经过 t 次迭代后, 第 i 头狼所在位置为 $O_i(t) = [O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{id}]$, 其适应度值为 $F[O_i(t)]$ 。

(2) 信息共享

在该步骤中, 所有的灰狼均对应一个候选解, 将其和附近的灰狼进行信息共享, 则个体领域 $\psi_i(t)$ 的构建计算式为:

$$\psi_i(t) = \left\{ O_j(t) \mid S'_i(O_i(t), O_j(t)) \leq \bar{S}_i(t), O_j(t) \in P_{\text{pop}} \right\} \quad (18)$$

其中, S'_i 和 $\bar{S}_i(t)$ 均表示欧氏距离, S'_i 对应 $O_j(t)$ 和 $O_i(t)$ 之间的取值范围; $\bar{S}_i(t)$ 对应当前狼位置 $O_i(t)$ 和候选狼位置 $O_i(t+1)$ 之间的取值范围; P_{pop} 表示灰狼整个种群数量。

在上述计算式的基础上,依据维度信息共享的狼群候选解计算式为:

$$O_{i-IS,d}(t+1) = O_{i,d}(t) + r_{\text{rand}}[O_{n,d}(t) - O_{r,d}(t)] \quad (19)$$

其中, $O_{i,d}$ 、 $O_{n,d}(t)$ 和 $O_{r,d}(t)$ 均表示个体, 以此分别对应当前、随机和种群另一个随机选取个体; r_{rand} 表示随机数; $O_{i-IS,d}(t+1)$ 即通过信息共享策略更新后的个体。

(3) 信息更新

比较 $O_{i-IS,d}(t+1)$ 和 $O_i(t+1)$ 的适应度值, 获取两者之间的最优个体, 其更新计算式为:

$$O_i(t+1) = \begin{cases} O_i(t+1), & f[O_i(t+1) < O_{i-IS,d}(t+1)] \\ O_{i-IS,d}(t+1), & \text{其他} \end{cases} \quad (20)$$

通过上述步骤完成信息更新后, 算法达到最大迭代次数后, 输出最优灰狼个体的 $O_{\alpha}(t)$, 该结果即目标函数的最优解。

2 测试分析

为验证本文方法在移动网络调度运行信息共享中的应用效果, 本文选择中国南方电网调度运行的移动网络作为实例研究对象, 该网络由 11 个移动网络节点组成, 获取该网络运行 1 个月的信息, 作为测试信息。该信息数量为 20 000 万条, 该网络中参与共享的用户数量为 148 个。网络带宽为 100 Mbit/s, 链路数量为 55 个, 网络时隙为 1 ms; 通信半径为 12 m, 动态加速频率为 4.2 GHz。参数设定: 种群数量为 35, 迭代次数为 200, 群体交流系数为 0.5, 选择概率为 0.3。

为验证本文方法在进行移动网络调度运行信息的共享性能, 采用信息效用值作为衡量标准, 将文献[7-8]方法作为对比方法, 测试在参与信息共享用户数量不断增加的情况下, 3 种方法信息共享前后的信息效用测试结果, 见表 1。

依据表 1 测试结果可知: 随着网络中参与信息共享的用户数量的不断增加, 信息共享前的效

用值均低于 20; 利用 3 种方法进行信息共享后, 效用值均有所提高, 但利用本文方法进行信息共享后, 信息效用值均达到 21 以上, 其最高值为 27 左右, 明显高于其他两种方法。因此, 本文方法具有较好的应用性能, 能够通过信息共享, 增加信息效用程度。

表 1 信息效用测试结果

用户数量/人	信息不共享	本文方法共享后	文献[7]方法共享后	文献[8]方法共享后
10	5.74	21.36	16.14	15.33
20	6.08	21.79	16.33	15.45
30	5.97	21.68	16.39	15.57
40	8.66	22.44	17.03	16.23
50	9.74	22.39	17.15	16.38
60	10.22	24.56	18.36	16.52
70	12.36	25.52	19.12	17.04
80	13.37	25.98	19.52	17.38
90	14.48	26.76	20.12	17.56
100	15.52	26.88	20.27	17.86
110	17.71	26.86	20.34	18.31
120	18.85	27.02	21.44	19.67
130	18.96	26.87	20.91	19.98

为进一步验证本文方法对于信息共享的应用性能, 采用信息共享的偏差率 ε 和拟合优度 R^2 作为评价指标, 测试 3 种方法和未经改进的灰狼算法应用后, 再分析不同大小信息共享结果, 偏差率 ε 和拟合优度 R^2 的取值均在 [0,1] 范围内, 偏差率 ε 的值越小表示共享性能越佳, 拟合优度 R^2 值越大表示信息共享性能越佳。两个指标的计算式分别为:

$$\varepsilon = \frac{I_{IV} - O_{ov}}{O_{ov}} \quad (21)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y'_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (22)$$

其中, I_{IV} 表示理想共享结果, O_{ov} 表示已获取的共享结果, y'_i 表示计算结果, y_i 表示期望结果, $\bar{y}$ 表示平均结果, n 表示信息量。



依据上述两个指标的计算式,获取本文方法在进行不同数量信息共享时,偏差率测试结果见表2,拟合优度测试结果见表3。

表2 偏差率测试结果

信息数量/条	偏差率			
	本文方法	灰狼算法	文献[7]方法	文献[8]方法
2 000	0.033	0.056	0.058	0.049
4 000	0.041	0.063	0.064	0.058
6 000	0.058	0.073	0.068	0.069
8 000	0.062	0.079	0.074	0.073
12 000	0.055	0.089	0.079	0.085
14 000	0.074	0.097	0.084	0.094
16 000	0.092	0.112	0.096	0.102
18 000	0.087	0.127	0.117	0.107
20 000	0.101	0.131	0.122	0.126

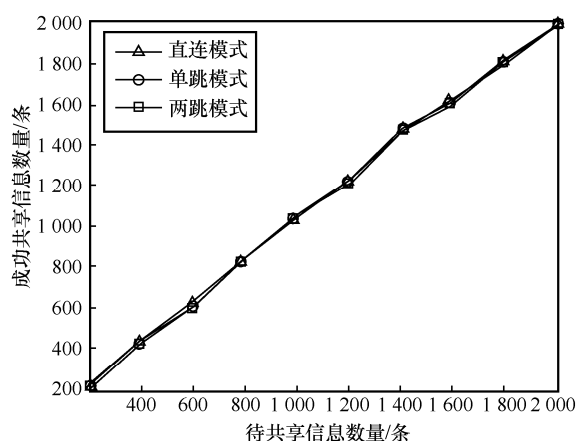
表3 拟合优度测试结果

信息数量/条	拟合优度			
	本文方法	灰狼算法	文献[7]方法	文献[8]方法
2 000	0.927	0.858	0.856	0.853
4 000	0.936	0.864	0.863	0.866
6 000	0.947	0.868	0.873	0.862
8 000	0.952	0.874	0.879	0.878
12 000	0.962	0.879	0.889	0.872
14 000	0.986	0.884	0.907	0.888
16 000	0.981	0.896	0.882	0.846
18 000	0.976	0.857	0.827	0.813
20 000	0.927	0.842	0.831	0.825

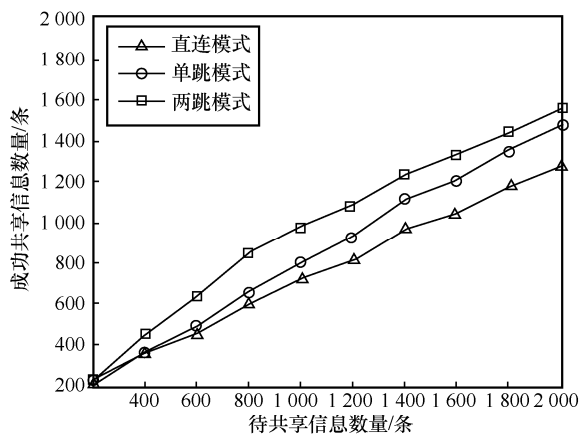
依据表2和表3的测试结果可知:随着共享信息数量的逐渐增加,本文方法应用后, ε 的结果均低于0.12,而其他3种方法的 ε 均较大,最大值超过0.12。本文方法的 R^2 的值均在0.92以上,而其他3种方法的 R^2 均低于0.91。因此,通过以上对比可知本文方法能在较小的偏差率以及较高的拟合优度下,完成移动网络调度运行信息共享,即使共享信息量较大,依据能够保证共享效果。

为验证本文方法、文献[7]方法、文献[8]方法在直连、单跳和两跳3种信息传输模式下,对于

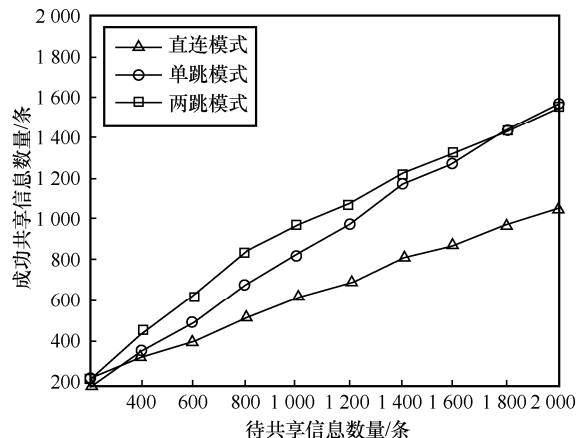
信息的共享效果,获取本文方法在不同待共享信息量时,成功共享的信息数量结果如图3所示。



(a) 本文方法



(b) 文献[7]方法



(c) 文献[8]方法

图3 成功共享的信息数量结果

依据图3的测试结果可知:在3种信息传输模式下,随着待共享信息数量的不断增加,本文方法成功共享的信息数量和发送的信息量几乎一

致,没有发生明显差异,而其他两种方法的成功共享数量明显低于发送的信息量,存在未能成功共享的信息。因此,本文方法具有较好的信息共享效果,能够完成不同传输模式下的信息共享,并且成功共享的信息数量和发送的待共享信息量接近程度较高。

为直观验证本文方法对于移动网络调度运行信息的实际共享应用效果,将本文方法应用在中国南方电网调度运行的移动网络中,用户在操作界面呈现的信息共享结果如图4所示。

信息共享模型		登录用户 Amm		
信息共享	信息共享结果			
远程调度	用户名称	信息类型	信息数量	共享时间
网络设定	131****0255	ders.jpg	476条	09:44:23
用户中心	138****0224	thesis.doc	552条	11:22:36
信息存储	135****2667	test.txt	306条	10:35:11
任务管理	136****4015	jack.elp	478条	14:16:07
	131****1121	test.txt	552条	12:28:29
	133****4979	test.doc	296条	13:06:46
	135****0112	test.txt	468条	16:55:09
	136****7912	ders.jpg	460条	03:05:17
	138****9949	test.txt	511条	17:33:02

图4 信息共享结果

依据图4可知:本文方法在现实网络实际应用后,能够有效完成信息移动网络调度运行信息的共享,共享的信息内容包含用户名称、信息类型、信息数量以及共享时间等。因此,本文方法具有较好的信息共享能力,满足移动网络调度运行信息的共享应用需求。

3 结束语

为实现移动网络调度运行信息的共享,实现信息的最大效用,本文提出基于混沌反向学习改进灰狼算法的移动网络调度运行信息共享方法,该方法通过最佳的信息调度实现信息的最佳共享。对该方法进行相关测试后得出结论:本文所提方法具有良好的应用性能,能够增加信息的效用程度,并且共享效果良好,能够可靠地完成信息共享,并且呈现共享的信息详情。

参考文献:

- [1] 刘尧,邓晓衡,桂劲松,等.弱链路下基于全对等模式和相关性检测的资源信息共享[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2021,36(3):88-96.
LIU Y, DENG X H, GUI J S, et al. Resource information sharing based on full peer mode and correlation detection for weak-link-oriented communication environments[J]. Journal of Hunan University of Science & Technology (Natural Science Edition), 2021, 36(3): 88-96.
- [2] 包空军,张新敬.基于粒子群优化的数据库信息远程共享仿真[J].计算机仿真,2022,39(2):487-490,495.
BAO K J, ZHANG X J. Remote sharing simulation of database information based on particle swarm optimization[J]. Computer Simulation, 2022, 39(2):487-490, 495.
- [3] 席嫣娜,张宏宇,高鑫,等.基于区块链的能源互联网大数据知识共享模型[J].电力建设,2022,43(3):123-130.
XI Y N, ZHANG H Y, GAO X, et al. Knowledge sharing model based on blockchain for big data of energy Internet[J]. Electric Power Construction, 2022, 43(3): 123-130.
- [4] 王泽曦,张敏情,柯彦,等.基于图像秘密共享的密文域可逆信息隐藏算法[J].计算机应用,2022,42(5):1480-1489.
WANG Z X, ZHANG M Q, KE Y, et al. Reversible data hiding algorithm in encrypted domain based on secret image sharing[J]. Journal of Computer Applications, 2022, 42(5): 1480-1489.
- [5] 吴昌友,付熙松,裴均珂.基于信息共享搜索策略的自适应灰狼算法研究[J].电光与控制,2022,29(7):22-28.
WU C Y, FU X S, PEI J K. Research on adaptive grey wolf algorithm based on information sharing search strategy[J]. Electronics Optics & Control, 2022, 29(7): 22-28.
- [6] 夏凯文,颜超,冯径,等.基于改进拜占庭容错算法的区块链气象数据共享系统[J].科学技术与工程,2022,22(13):5312-5321.
XIA K W, YAN C, FENG J, et al. Blockchain meteorological data sharing system based on improved Byzantine-fault tolerance algorithm[J]. Science Technology and Engineering, 2022, 22(13): 5312-5321.
- [7] 刘晶,董志红,张喆语,等.基于联邦增量学习的工业物联网数据共享方法[J].计算机应用,2022,42(4):1235-1243.
LIU J, DONG Z H, ZHANG Z Y, et al. Data sharing method of industrial Internet of Things based on federal incremental learning[J]. Journal of Computer Applications, 2022, 42(4): 1235-1243.
- [8] 李永强,刘兆伟.基于区块链的车联网安全信息共享机制设计[J].郑州大学学报(工学版),2022,43(1):103-110.
LI Y Q, LIU Z W. Blockchain-based secure data sharing mechanism design in the vehicular networks[J]. Journal of Zhengzhou University (Engineering Science), 2022, 43(1): 103-110.
- [9] FERRAILOLO D F, DEFRANCO J F, KUHN D R, et al. A new approach to data sharing and distributed ledger technology: a



- clinical trial use case[J]. IEEE Network, 2021, 35(1): 4-5.
- [10] SINGH C, SUNITHA C A. Chaotic and Paillier secure image data sharing based on blockchain and cloud security[J]. Expert Systems with Applications, 2022, 198(7): 116874.1-116874.13.
- [11] 李开言, 王亚刚, 张涛. 基于改进灰狼优化算法的边缘计算任务调度方法[J]. 信息与控制, 2022, 51(4): 489-497, 512.
LI K Y, WANG Y G, ZHANG T. Edge computing task scheduling method based on an improved grey wolf optimization algorithm[J]. Information and Control, 2022, 51(4): 489-497, 512.
- [12] 刘炼, 付绍昌, 黄辉先. 基于醉汉漫步和反向学习的灰狼优化算法[J]. 计算机工程与科学, 2021, 43(9): 1558-1566.
LIU L, FU S C, HUANG H X. A grey wolf optimization algorithm based on drunkard strolling and reverse learning[J]. Computer Engineering and Science, 2021, 43(9): 1558-1566.
- [13] 蔡娟. 混沌映射与精英高斯扰动的非线性灰狼优化算法[J]. 计算机工程与设计, 2022, 43(1): 186-195.
CAI J. Non-linear grey wolf optimization algorithm based on chaotic Tent mapping and elite Gauss perturbation[J]. Computer Engineering and Design, 2022, 43(1): 186-195.
- [14] 徐雪敏, 张秀国, 肖媛元, 等. 基于优化的灰狼算法的大规模 Web 服务组合[J]. 计算机应用, 2022, 42(10): 3162-3169.
XU X M, ZHANG X G, XIAO Y Y, et al. Large-scale Web service composition based on optimized grey wolf optimizer[J]. Journal of Computer Applications, 2022, 42(10): 3162-3169.
- [15] 丁雨, 李晨凯, 韩会梅, 等. 基于 5G 无人机通信的多智能体异构网络选择方法[J]. 电信科学, 2022, 38(8): 28-36.
DING Y, LI C K, HAN H M, et al. Multi-agent heterogeneous

network selection method based on 5G UAV communication[J]. Telecommunications Science, 2022, 38(8): 28-36.

[作者简介]



余昕越 (1996-), 男, 现就职于中国南方电网电力调度控制中心, 主要研究方向为调度运行及调度信息管理。

张艺锴 (1994-), 男, 现就职于中国南方电网电力调度控制中心, 主要研究方向为电力系统优化调度。

张勇 (1972-), 男, 中国南方电网电力调度控制中心正高级工程师, 主要研究方向为电力运行与控制。

杨林 (1984-), 男, 中国南方电网电力调度控制中心高级工程师, 主要研究方向为电力调度运行。

高卫东 (1989-), 男, 中国南方电网电力调度控制中心高级工程师, 主要研究方向为调度运行及调度信息管理。

郭岩 (1993-), 男, 博士, 中国南方电网电力调度控制中心工程师, 主要研究方向为新能源并网稳定分析与控制技术、调度运行及调度信息管理等。