[输电线路监测终端]

基于多群遗传算法的特高压输电线路监测终端部署优化

文/李孝春　曹成发　安东　马伟荣　王晓磊
国网青海省电力公司西宁供电公司

引入一种多群遗传算法，基于该算法开展特高压输电线路监测终端部署优化的研究。特高压输电线路的安全运行对电网系统的稳定性至关重要。描述监测终端的结构和经典遗传算法的原理，以及用于优化终端部署的改进群体遗传算法，对研究成果进行了测试，并取得了较好的结果。

随着人工智能、大数据和云计算等新技术的快速发展，特高压输电线路的监控终端开始进入研究阶段。监控终端采用智能算法对采集的数据进行分析和处理，使监控更加实时和准确，还可以实现多条线路的统一管理和远程监控。然而，传统的基于经验法则的部署方法往往无法充分发挥特高压线路监控系统的优势，因此需要一种优化方法来找到最佳的终端部署方案。为解决这些问题，本文利用多群遗传算法优化特高压输电线路监控终端的部署。

监控终端部署

特高压输电线路的整体监控终端分为三个层次：监控终端节点、数据处理模块和远程监控模块。监控终端节点是系统的最底层，完成数据采集和传输任务。监控终端节点主要负责收集现场高压线路的电气参数、温度和振动等数据，并使用通用分组无线服务（GPRS）通信将这些数据和报警信息发送到数据中心。数据处理模块主要完成数据存储和处理任务，实时监控、处理和存储从监控终端节点传输的数据，并对故障和异常情况进行报警。远程监控模块主要完成对监控终端和数据中心的统一管理和控制任务，通过网络连接和远程访问实时查看和处理线路的监控数据和异常报警信息。图1显示了监控系统的总体结构。监控终端节点中使用的不同传感器和参数见表1。

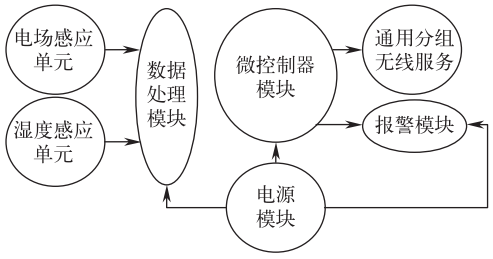


图1　监控架构

表1　传感器和参数指标

传感器	温度传感器	湿度传感器	雨量传感器	阳光传感器
工作原理	电阻感应 / 热电偶感应	电阻感应 / 热电偶感应	光学折射感应	光伏二极管感应
监测范围	−60～120 ℃	1～100 ℃	0～3 mm/min	0～2 100 W/m^2
准确度	±0.1 ℃	±3% RH	0.2 mm	±2%
分辨率比率	0.1 ℃	1% RH	±0.3 mm	6～13 μV/(W·$^{-2}$)

经典遗传算法的原理

经典遗传算法（GA）是一种基于自然选择和遗传学原理的优化算法，通过模拟自然界中的进化过程进行种群交叉、变异和选择，以期获得优化问题的全

局最优解。遗传算法模型包括以下组成部分[1-2]：

1）参数编码。将待解决问题的变量表示为适用于遗传算法求解的参数表示形式。

2）生成初始种群。选择种群中的个体数量，以及初始参数如交叉模式、变异方式和概率等。

3）适应性选择。选择参数来衡量个体的优劣；适应性越高，被选中的概率越大。

4）选择算子。一个选择适应性好的个体并对其进行遗传操作，使其成为下一代种群的父母的操作算子。

5）交叉。两个父代个体的染色体进行交叉[3-4]以生成新个体，可选择的交叉方法有均匀交叉、多点交叉、单点交叉等。适应性交叉概率计算公式为

$$P=\alpha P_1+(1-\alpha)P_2 \tag{1}$$

$$\alpha=1-\frac{e}{e_{\max}} \tag{2}$$

6）变异算法。对个体应用变异操作以生成新的染色体，自适应概率的计算公式为

$$Q=\beta Q_1+(1-\beta)Q_2 \tag{3}$$

$$\beta=\frac{e}{e_{\max}} \tag{4}$$

7）计算子代的适应度。分析子代的特征，计算子代的适应度，如果满足条件则终止；如果不满足则继续重复上述操作。

多群体遗传算法改进

通过改进选择、交叉和变异操作，可以在不同种群之间基于精英个体之间的遗传操作进行协作。对于每个种群，选择该种群中的最优个体与其他个体进行遗传操作。在交叉和变异操作中，最优个体保持不变。这样，每个种群中的最佳个体被保留并用于遗传操作，以提高算法的效率和准确性。在多群体遗传算法中，为保持种群的多样性，本文通过不同的控制参数调整交叉概率P_n和变异概率P_m。这种设置平衡了算法进行全局搜索和局部搜索的能力。在本文中，将交叉概率P_n的值范围设定在0.7～0.9，而变异概率P_m的值范围设定在0.05～0.1[5]。通过调整这两个参数的值，可以控制种群中个体之间遗传操作的强度和随机性，从而影响算法寻找最优解的能力。P_n与P_m的计算公式为[6]

$$\begin{cases} P_n=P_{n0}+cf_{\text{rand}}(G,1) \\ P_m=P_{m0}+mf_{\text{rand}}(G,1) \end{cases} \tag{5}$$

式中，c为交叉概率的变化区间；G为总的个体种群数量；P_{n0}为交叉概率；P_{m0}为变化概率；m为变化概率的区间；f_{rand}为生成特定区间的随机函数。

结果与讨论

1. 实验设计

提出使用多群体遗传算法原理来设计超高压输电线路监控方法的过程。然而，在正式应用该方法之前，必须进行测试以确认系统具有实现目标的能力，以避免干扰高压输电线路的正常运行。

为证明算法的效率，使用多群体遗传算法（MPGA）和经典遗传算法（GA）求解Sphere函数，并根据求解迭代过程中目标函数的变化来测试两种算法的收敛速度。

为验证使用多群体遗传算法进行优化的有效性，使用MPGA和经典遗传算法GA对IEEE30节点系统的无功功率进行优化。测试在这两种不同优化方法下系统各节点的电压水平，以满足测试目标。

2. 实验结果

根据上述实验方法，本文测试MPGA和经典遗传算法GA的收敛速度并统计测试结果，绘制成图表，图2显示了两种算法收敛速度的对比。

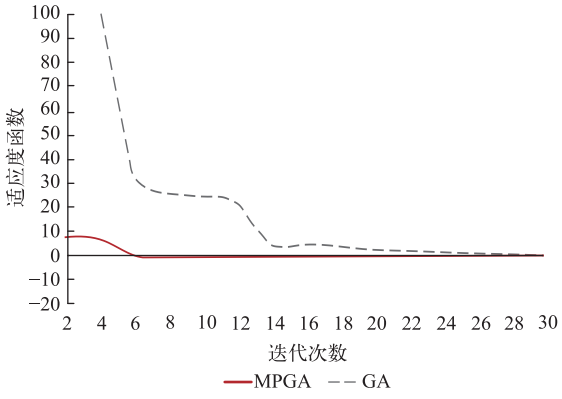


图2　收敛速度对比

图2展示了两种算法的收敛元素测试。其中横坐标为迭代次数，纵坐标为适应度函数。从图2中可以看出，MPGA在第8次迭代时达到目标收敛，且收敛速度远高于经典遗传算法GA。多群体遗传算法可以有效克服经典遗传算法局部收敛慢的缺点，并且具有更好的全局收敛能力和更高的工作效率。

根据上述测试方法对本文算法的有效性进行了测试，并统计测试结果。图3分别显示在使用MPGA

和经典遗传算法GA优化后系统各节点的电压水平。

图3展示了在使用两种算法优化前后系统各节点电压水平的测试结果，其中横坐标为总线节点编号，纵坐标为电压幅值。可以发现，在使用算法优化前，负载节点13、16、22和28的电压低于0.95（pu）。在实际系统运行中，如果电压长期过低，将触发保护装置，导致电能质量下降，并降低电网的稳定性。使用多群体遗传算法优化后的系统电压节点得到了改善，避免低电压的发生。由此可以推断，基于多群体遗传算法的UHV输电线路监控终端具有很高的有效性。

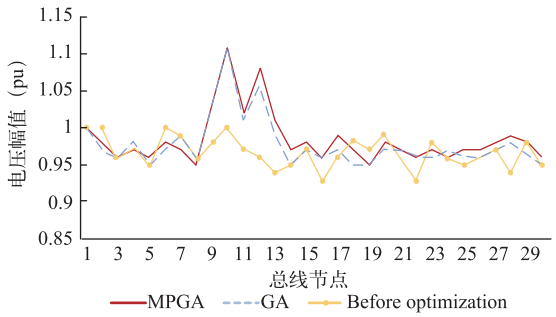


图3　系统节点电压水平

结束语

本文成功地进行了使用多群体遗传算法优化超高压输电线路监控终端的研究。利用多群体遗传算法引入来优化超高压输电线路监控终端的部署方案，解决了传统监控方法的问题。介绍超高压输电线路监控终端部署的重要性，并展示相关研究的现状，详细讨论监控终端设计所需的功能模块，并采用结合经典遗传算法改进的多群体遗传算法来解决超高压输电线路监控的优化问题。最后，还进行了实验以验证优化结果，并取得较好的效果。未来，对超高压输电线路监控的研究需要进一步跟进和深化。**EA**

（收稿日期：2024-12-22）

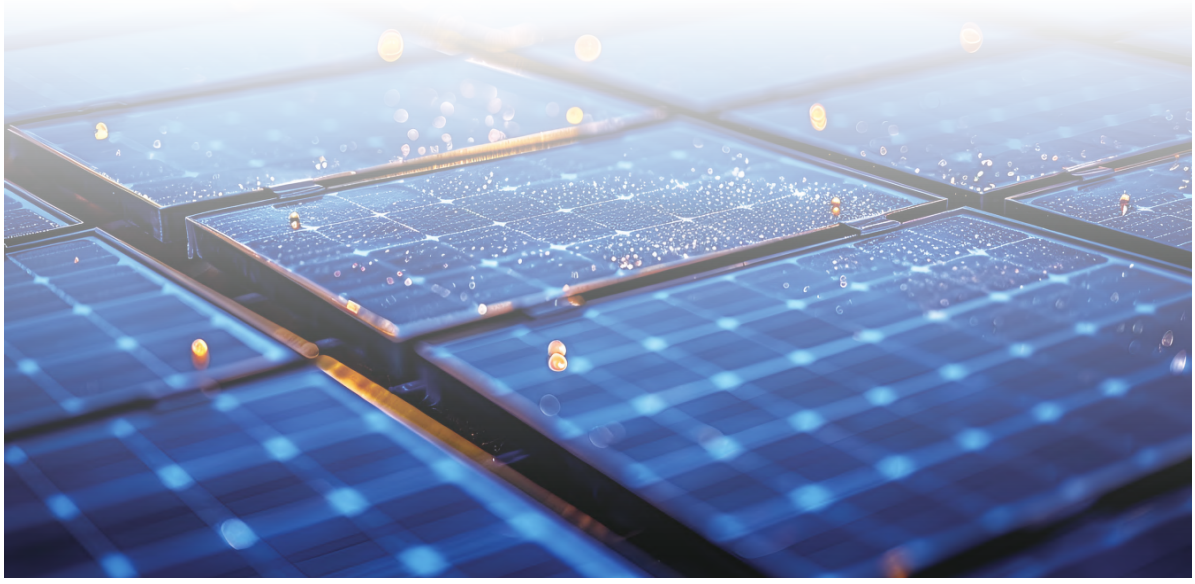
参考文献

[1] 李鑫，安海岗．基于遗传算法的无人配送车路径研究[J]．物流科技，2024，47(23)：4-7．

[2] 王兆国，潘铜，周杰．基于遗传算法的采煤机降尘喷嘴多目标优化[J]．煤炭技术，2024，43(12)：192-197．

[3] 林世忠，何安明．面向特高压输电线路的密集通道智能运维技术优化探析[J]．自动化技术与应用，2024，(11)：155-159．

[4] 冷冠承，李明，李刚．特高压输电线路数字化移交设计与实现[J]．长江信息通信，2024，37(11)：123-126．

[5] 侯勇，杨争争，薛少辉，等．基于嵌入式终端的YOLOv3算法优化实现[J]．计算机与数字工程，2024，52(1)：162-168．

[6] 韩宏，卢显良，卢军，等．通用入侵检测知识自优化框架[J]．计算机科学，2003(3)：50-53．