

# 用于调节比例—积分—微分控制器的增强型河马优化算法

牟凯龙<sup>1</sup>, 张孟健<sup>2</sup>, 王德光<sup>1</sup>, 杨明<sup>1</sup>, 梁成斌<sup>1</sup>

<sup>1</sup>贵州大学电气工程学院, 中国贵阳市, 550025

<sup>2</sup>华南理工大学计算机科学与工程学院, 中国广州市, 510006

**摘要:** 有效调节比例—积分—微分 (PID) 控制器参数一直是控制工程领域中的挑战性难题。本文提出一种增强型河马优化算法 (EHO) 以应对这一挑战。采用拉丁超立方体抽样和自适应透镜反向学习初始化种群, 以提高种群多样性, 并增强全局搜索能力。此外, 在探索阶段引入自适应扰动机制以优化位置更新。为验证EHO性能, 使用CEC2022测试函数对其与原始河马优化算法及4种经典或先进的智能算法进行基准测试。通过在不同类型的系统中应用EHO调节PID控制器, 进一步评估其有效性。将EHO与其他5种算法及经典的齐格勒—尼科尔斯方法进行比较。对收敛曲线、阶跃响应、箱形图和雷达图的分析表明, EHO在精度、收敛速度和稳定性方面均优于对比方法。最后, 采用EHO对四旋翼无人机轨迹跟踪的级联PID控制器进行参数调整, 以评估其适用性。仿真结果表明, 使用EHO优化的系统在80秒内的位置通道( $x, y, z$ )的时间绝对误差积分分别为59.979、22.162和0.017。这些数值明显低于原始河马优化算法和手动参数调整方法的结果。

**关键词:** PID控制器; 参数调节; 河马优化; 拉丁超立方体抽样; 自适应透镜反向学习; 自适应扰动机制

<https://doi.org/10.1631/FITEE.2400492>