

武汉理工大学

数学建模暑期培训论文

第 3 题

基于生命遗传算法与插板编码的充电路线规划

第 10 组

姓名

刘子川

程宇

祁成

方向

编程

建模

写作

2020 年 8 月 20 日

摘要

本文建立了基于。。。,采用随机梯度下降、 LU 分解法以及插板编码嵌入的生命遗传算法对模型进行求解。

针对问题一,建立基于质量守恒定律的燃油流动模型,考察单向阀开启时间对压力稳定性的影响。综合考虑压力与弹性模量、密度之间的关系,提出燃油压力-密度微分方程模型和燃油流动方程。本文采用改进的欧拉方法对燃油压力-密度微分方程求得数值解;利用二分法求解压力分布。综合考虑平均绝对偏差等反映压力稳定程度的统计量,求得直接稳定于 100MPa 的开启时长为 **0.2955ms**,在 2s、5s 内到达并稳定于 150MPa 时开启时长为 **0.7795ms**、**0.6734ms**,10s 到达并稳定于 150MPa 的开启时长存在多解。最后对求解结果进行灵敏度分析、误差分析。

针对问题二,建立基于传输能量守恒的单 MC 能耗模型,并在固定周期遍历充电模型的基础上划分周期,从时间维度考察能量收支关系。在传感器电量满足阈值要求的极限情况下,将充电过程中的能量流动关系转化为与驻留期相关的矩阵方程。根据目标矩阵的代数特征,采用 **LU 分解法**求解化简后的关于驻留期分布的线性方程组,最后由驻留期与电池容量关系确定电池阈值容量分布,结果如表??所示。对求解结果进行灵敏度分析,从实际角度考察 MC 充电半径等因素对传感器电池容量分布稳定性的影响。

针对问题三,对于增加一个喷油嘴的情况,改变质量守恒方程并沿用问题二的模型调整供、喷油策略,得到最优凸轮转动角速度为 **0.0522rad/ms (498.726 转/分钟)**;对于既增加喷油嘴又增加减压阀的情况,建立基于自适应权重的蝙蝠算法的多变量优化模型,以凸轮转动角速度、减压阀开启时长和关闭时长为参数,平均绝对偏差 MAD 为目标,在泵-管-嘴系统动态稳压模型的基础上进行求解,得到最优参数:**角速度 0.0648 rad/ms (619.109 转/分钟)**、减压阀的开启时长 **2.4ms** 和减压阀的关闭时长 **97.6ms**。

本文的优点为:1. 结合无线能量传输技术的实际应用,在无线可充电传感器网络的固定周期遍历充电模型的基础上引入无线充电圆域半径,分别建立基于传输能量守恒的单 MC 和多 MC 能耗模型,拓广了模型应用范围。2. 从时间维度考察能量收支关系,利用 LU 分解法求解电池容量分布,具有无需判定矩阵是否正定,浮点数操作总量在 $O(n^2)$ (双重循环)等优点。3. 智能算法求解方面,设计了插板编码嵌入的生命遗传算法求解多 MC 能耗模型中的最小能量消耗路线,有效防止算法陷入局部最优解,兼顾局部搜索与全局搜索能力。===== >>>>> origin/qc 影响无线传感器网络生命周期最重要的一个因素是能量,用移动充电器定期为传感器的电池补充能量至关重要。本文建立了基于变体 TSP 问题的优化模型,采用随机梯度下降、 LU 分解法以及插板编码嵌入的

生命遗传算法对模型进行求解。

针对问题一，对移动充电器 MC (Mobile Charger) 的充电有效距离分类讨论，分别建立有线充电设备与无线充电设备的路线优化模型，并用生命遗传算法与随机梯度下降进行优化求解最佳充电路线。当设备为有线充电设备时，问题一即为经典 TSP 问题，使用生命遗传算法优化可得 MC 最短行驶路程为 **11482.8m**。当设备为无线充电设备时，将随机梯度下降嵌入目标函数求解，分别可算当为充电有效距离分别为 **50m** 和 **100m** 时的 MC 最短行驶路程为 **11051.8m**, **9251.6m**。最后对实验结果进行灵敏度分析，分析充电有效距离与最短行驶路径间的关系。

针对问题二，建立基于传输能量守恒的单 MC 能耗模型，并在固定周期遍历充电模型的基础上划分周期，从时间维度考察能量收支关系。在传感器电量满足阈值要求的极限情况下，将充电过程中的能量流动关系转化为与驻留期相关的矩阵方程。根据目标矩阵的代数特征，采用 **LU 分解法** 求解化简后的关于驻留期分布的线性方程组，最后由驻留期与电池容量关系确定电池阈值容量分布，结果如表??所示。对求解结果进行灵敏度分析，从实际角度考察 MC 充电半径等因素对传感器电池容量分布稳定性的影响。

针对问题三，对于 4 辆 MC 同时执行充电任务的情况，在问题一模型的基础上设计插板式编码，优化求解该多旅行商问题。使用**插板式编码**重新构造决策变量，即对于 4 辆 MC 的整体路线，在决策序列中插入 3 块无意义挡板基因，使用生命遗传算法优化求解最短充电路线与其对应的电池容量分布。解得最短路程为 **12950m**，电池最小容量结果如表 ?? 所示。最后分析结果可知增派 MC 不能降低路上的能量消耗，但能降低传感器网络对传感器电池容量的要求。

本文的优点为：1. 结合无线能量传输技术的实际应用，在无线可充电传感器网络的固定周期遍历充电模型的基础上引入无线充电圆域半径，分别建立基于传输能量守恒的单 MC 和多 MC 能耗模型，拓广了模型应用范围。2. 从时间维度考察能量收支关系，利用 LU 分解法求解电池容量分布，具有无需判定矩阵是否正定，浮点数操作总量在 $O(n^2)$ (双重循环) 等优点。3. 设计了生命遗传算法求解 MC 能耗模型中的最小能量消耗路线，有效防止算法陷入局部最优解，抑制算法早熟，兼顾了局部搜索与全局搜索能力。<<<<< HEAD ===== 本文建立了基于。。。, 采用随机梯度下降、LU 分解法以及插板编码嵌入的生命遗传算法对模型进行求解。

针对问题一，建立基于质量守恒定律的燃油流动模型，考察单向阀开启时间对压力稳定性的影响。综合考虑压力与弹性模量、密度之间的关系，提出燃油压力-密度微分方程模型和燃油流动方程。本文采用改进的欧拉方法对燃油压力-密度微分方程求得数值解；利用二分法求解压力分布。综合考虑平均绝对偏差等反映压力稳定程度的统计量，求得直接稳定于 100MPa 的开启时长为 **0.2955ms**，在 2s、5s 内到达并稳定于 150MPa 时开启时长为 **0.7795ms**、**0.6734ms**，10s 到达并稳定于 150MPa 的开启时长存在多解。最

后对求解结果进行灵敏度分析、误差分析。

针对问题二，建立基于传输能量守恒的单 MC 能耗模型，并在固定周期遍历充电模型的基础上划分周期，从时间维度考察能量收支关系。在传感器电量满足阈值要求的极限情况下，将充电过程中的能量流动关系转化为与驻留期相关的矩阵方程。根据目标矩阵的代数特征，采用 **LU 分解法**求解化简后的关于驻留期分布的线性方程组，最后由驻留期与电池容量关系确定电池阈值容量分布，结果如表??所示。对求解结果进行灵敏度分析，从实际角度考察 MC 充电半径等因素对传感器电池容量分布稳定性的影响。

针对问题三，对于增加一个喷油嘴的情况，改变质量守恒方程并沿用问题二的模型调整供、喷油策略，得到最优凸轮转动角速度为 **0.0522rad/ms (498.726 转/分钟)**；对于既增加喷油嘴又增加减压阀的情况，建立基于自适应权重的蝙蝠算法的多变量优化模型，以凸轮转动角速度、减压阀开启时长和关闭时长为参数，平均绝对偏差 MAD 为目标，在泵-管-嘴系统动态稳压模型的基础上进行求解，得到最优参数：**角速度 0.0648rad/ms (619.109 转/分钟)、减压阀的开启时长 2.4ms 和减压阀的关闭时长 97.6ms 。**

本文的优点为：1. 结合无线能量传输技术的实际应用，在无线可充电传感器网络的固定周期遍历充电模型的基础上引入无线充电圆域半径，分别建立基于传输能量守恒的单 MC 和多 MC 能耗模型，拓广了模型应用范围。2. 从时间维度考察能量收支关系，利用 LU 分解法求解电池容量分布，具有无需判定矩阵是否正定，浮点数操作总量在 $O(n^2)$ （双重循环）等优点。3. 智能算法求解方面，设计了插板编码嵌入的生命遗传算法求解多 MC 能耗模型中的最小能量消耗路线，有效防止算法陷入局部最优解，兼顾局部搜索与全局搜索能力。》》》》> origin/qc =====> origin/lzc >>>>> origin/qc

关键词： 生命遗传算法 随机梯度下降 LU 分解法 插板式编码

目录

1 问题重述	1
1.1 问题背景	1

1 问题重述

1.1 问题背景

由部署在监控区域的大量低成本微传感器节点组成的网络系统，称为无线传感器网络（Wireless Sensor Network, WSN）。WSN 节点通过无线信道相互通信，协同感知，收集和处理监控区域内传感对象的信息，然后将信息发送给观察者^[1]。因此，WSN 广泛应用于自然灾害预警，环境监测，战场监视等领域^[2]。能源对无线传感器网络的发展至关重要。传感器节点通常由装载电池或超级电容器供电，但由于传感器节点尺寸较小，装载的电池容量有限，有时因为维护成本过高而无法延长无线传感器网络的生命周期，这限制了无线传感器网络的发展和应用。前人采用能量平衡^[4, 5]，移动传感器^[6, 7] 和移动收集器等方案来节省能量从而达到延长网络生命周期的目的。然而，这些方案仅降低能量消耗率，不能真正延长 WSN 的生命周期。

而在按需充电结构的无线可充电传感器网络（Wireless Rechargeable Sensor Network, WRSN）中，节点主动监视其自身的剩余能量，当其能量水平低于某个阈值时，向 BS 发送充电请求。BS 根据某些充电规则对请求节点建立充电调度队列，并将该调度发送给 WCD 从而引导 WCD 为节点进行充电服务^[3]，如图1所示。传统的调度方案只考虑时间，空间或两者混合因素。由于受到空间、时间和能量因素的制约，传统的调度方案仅能满足少量的充电请求节点，这导致 WRSN 在繁忙的网络环境中生命周期比较短^[3]。为了减小移动充电器在路上的能量消耗，需要合理地规划移动充电器的充电路线。

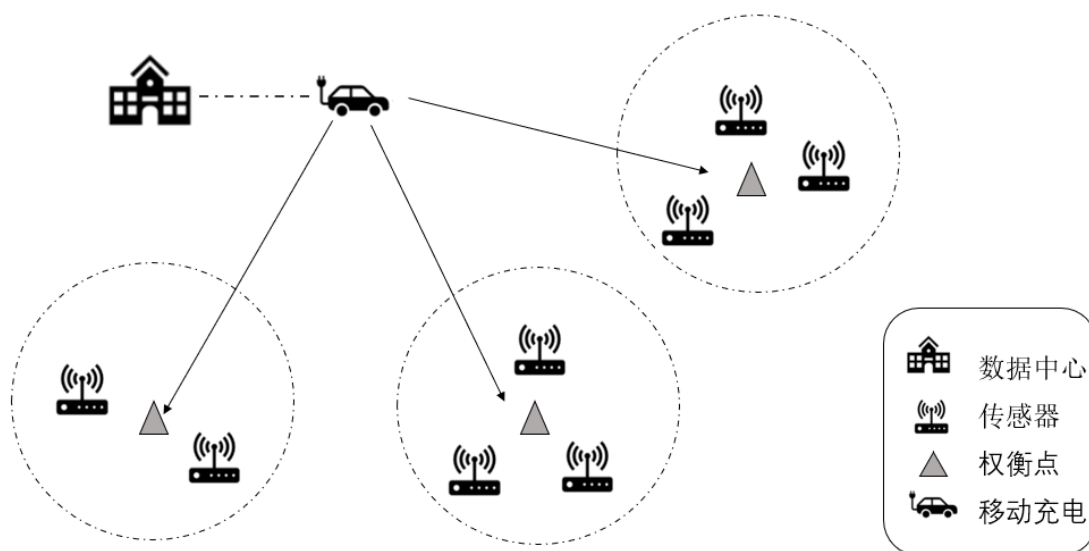


图 1 无线可充电传感器网络架构示意图