

武汉理工大学

数学建模暑期培训论文

第 3 题

基于 xxxxxxxx 模型

第 10 组

姓名

刘子川（组长）

程宇

祁成

方向

编程

建模

写作

2020 年 8 月 12 日

摘要

控制高压油管的压力变化对减小燃油量偏差,提高发动机工作效率具有重要意义。本文建立了基于质量守恒定理的微分方程稳压模型,采用二分法、试探法以及自适应权重的蝙蝠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,建立基于质量守恒定律的泵-管-嘴系统动态稳压模型,将燃油进入和喷出的过程动态化处理。考虑柱塞和针阀升程的动态变动,建立喷油嘴流量方程和质量守恒方程。为提高角速度求解精度,以凸轮转动角度为固定步长,转动时间变动步长,采用试探法粗略搜索与二分法精细搜索的方法求解,求得凸轮最优转动角速度 **0.0283rad/ms** (转速 **270.382 转/分钟**),并得到该角速度下高压油管的密度、压力周期性变化图。对求解结果进行误差分析与灵敏度分析,考察柱塞腔残余容积变动对高压油管压力稳态的影响。//

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. 采用试探法粗略搜索与二分法精细搜索结合的方法,降低了问题的求解难度。2. 以凸轮转动角度为固定步长,对不同角速度按照不同精度的时间步长求解,大大提高了求解的精确度。3. 针对智能算法求解精度方面,采用改进的蝙蝠算法,使速度权重系数自适应调整,兼顾局部搜索与全局搜索能力。

关键词: 微分方程 微分方程 微分方程 微分方程

目录

一、 问题重述	1
1.1 问题背景	1
1.2 问题概述	2
二、 模型假设	2
三、 符号说明	2
四、 问题一模型的建立与求解	2
4.1 问题描述与分析	2
4.2 模型的建立	3
4.3 模型的求解	3
4.4 实验结果及分析	3
五、 问题二模型的建立与求解	3
5.1 问题描述与分析	3
5.2 模型的建立	4
5.3 模型的求解	4
5.4 实验结果及分析	4
六、 问题三模型的建立与求解	5
6.1 结果分析	5
七、 灵敏度分析	5
八、 模型的评价	5
8.1 模型的优点	5
8.2 模型的缺点	5
8.3 模型改进	5
附录 A 数据可视化的实现	7

一、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。

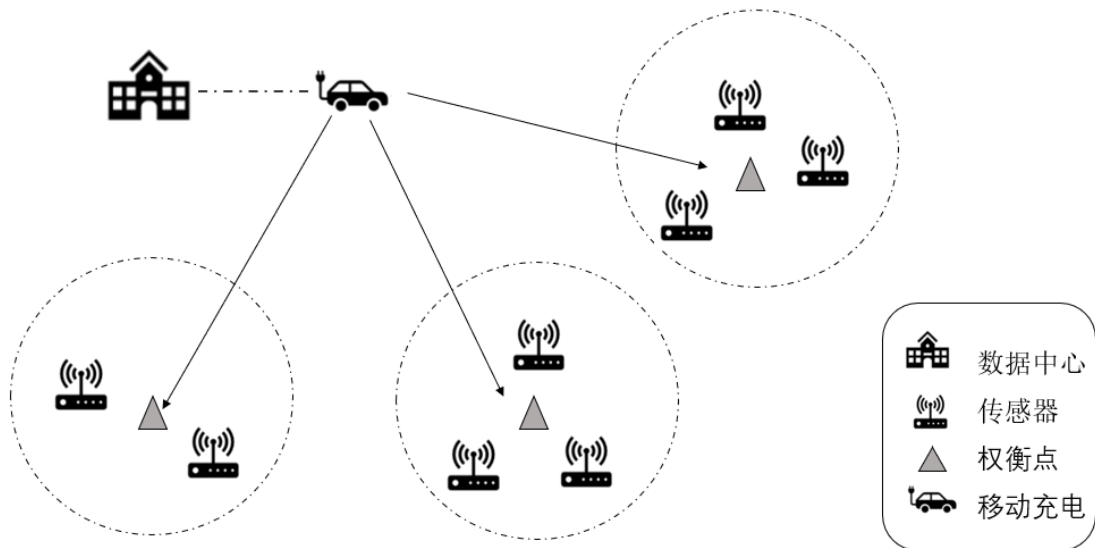


图 1 无线可充电传感器网络架构示意图

1.2 问题概述

围绕相关附件和条件要求，研究一个或多个移动充电器在各传感器间的充电路线方案，依次提出以下问题：

问题一：当只派出一个移动充电器时，如何规划移动充电器的充电路线才能最小化移动充电器在路上的能量消耗。

问题二：在只派出一个移动充电器的情况下，若采用问题一中规划出来的充电路线，每个传感器的电池的容量应至少是多大才能保证整个系统一直正常运行？

问题三：为了提高充电效率，同时派出 4 个移动充电器进行充电，在这种情况下应该如何规划移动充电器的充电路线以最小化所有移动充电器在路上的总的能量消耗？每个传感器的电池的容量应至少是多大才能保证整个系统一直正常运行？

二、模型假设

- (1) 假设充电场景不属于时变充电方案，即传感器解节点充电时单位时间的收发数据能量不随时间改变而改变。
- (2) 考虑移动充电器 WCV 可以同时为多个节点进行充电，其具有一定的充电范围，并且在此范围内充电场的能级随距离增大而递减。
- (3)
- (4)

三、符号说明

符号	说明
P_n	20 个站点
P_n	20 个站点
P_n	20 个站点

注：表中未说明的符号以首次出现处为准

四、问题一模型的建立与求解

4.1 问题描述与分析

问题一要求充电路线最小化移动充电器在路上的能量消耗。在周期性场景中，均以最大化驻站空闲时间比为目标，移动充电设备均从服务站（即维护站）出发，完成充电活动后回到服务站。Kurs 等人^[4]最先提出对网络中所有节点进行固定周期 T 的遍历充

电模型。移动无线充电设备 (Wireless Charging Vehicle, WCV) 从服务站出发, 依次为网络中所有节点进行点对点的无线充电, 最终又回到服务站。

4.2 模型的建立

$$d(p_i, p_j) = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|,$$

4.3 模型的求解

Algorithm 1: Procedure of Apriori

Input: item data base: D
minimum Support threshold: Sup_{min}
minimum Confidence threshold: $Conf_{min}$
Output: frequent item sets F

```

1 Initialize
  iteration  $t \leftarrow 1$ 
  The candidate FIS:  $C_t = \emptyset$ 
  The length of FIS:  $length = 1$ 
  for  $i=1$  to  $sizeof(D)$  do
2    $I_i = D(i)$ 
    $n = sizeof(I_i)$ 
   for  $j=1$  to  $n$  do
3     if  $I_i(j) \notin C_t$  then
4        $C_t = C_t \cup I_i(j)$ 
5     end
6   end
7 end
8  $F_t = \{f | f \in C_t, Sup(f) > Sup_{min}\}$ 
  while  $F \neq \emptyset$  do
9    $t = t + 1$ 
    $length = length + 1$ 
    $C_t \leftarrow$  all candidate of FIS in  $F_{t-1}$ 
    $F_t = \{f | f \in C_t, (Sup(f) > Sup_{min}) \cap (Conf(f) > Conf_{min})\}$ 
10 end
11 return  $F_{t-1}$ 

```

4.4 实验结果及分析

五、 问题二模型的建立与求解

5.1 问题描述与分析

问题二要求

其思维流程图如图 2 所示:

武汉理工大学

图 2 问题二思维流程图

5.2 模型的建立

5.3 模型的求解

5.4 实验结果及分析

结果如下表??所示：

表 1 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXX	XXXXXXX
XXXXXXX	909.80
XXXXXXX	852.60

由表1可知

其各个小车的运输细节图下图所示：

武汉理工大学 武汉理工大学

图 3 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

参考文献

- [1] Othman M F, Shazali K. Wireless sensor network applications: A study in environment monitoring system[J]. Procedia Engineering, 2015, 41: 1204-1210.
- [2] Borges L M, Velez F J, Lebres A S. Survey on the characterization and classification of wireless sensor network applications[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2014, 16(4): 1860-1890.
- [3] Xie L, Shi Y, Hou Y T, et al. Making sensor networks immortal: An energy-renewal approach with wireless power transfer[J]. IEEE/ACM Transactions on networking, 2012, 20(6): 1748-1761.
- [4] Tarng W, Ou K L, Huang K J, et al. Applying cluster merging and dynamic routing mechanisms to extend the lifetime of wireless sensor networks[J]. International Journal of Communication Networks and Information Security, 2011, 3(1): 8.
- [5] 曲立军, 党鑫, 武继刚. 无线传感器网络中的充电调度算法 [J]. 计算机与数字工程, 2017, 45(2): 319-326.
- [6] Butler Z, Rus D. Controlling mobile sensors for monitoring events with coverage constraints[C]//IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA'04. 2004. IEEE, 2004, 2: 1568-1573.
- [7] Yao W, Li M, Wu M Y. Inductive charging with multiple charger nodes in wireless sensor networks[C]//Asia-Pacific Web Conference. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006: 262-270.

附录 A 数据可视化的实现

第一问画图-python 源代码

第二问画图-python 源代码
