

基于启发式算法求解多目标规划的绿化洒水车作业路线规划

摘 要

本文对**固定**作业次数的洒水车建立了**分阶段**多目标线性规划模型，并对耗时矩阵施加误差验证其灵敏度。另外对于**变化**作业次数的作业调度任务，对传统旅行商 (TSP) 问题的约束进行推广，建立了更为复杂的混合整数规划模型。

针对问题一，考虑作业次数约束、给水点供水次数约束和最大耗时约束，建立了以最小化最大耗时为首要目标，最小化耗时和为次要目标的**多目标规划**。在求解过程中使用 **Floyd** 算法确定了各点间的最短路径，将问题转化为仅考虑停靠点、给水点和作业点的图中作业优化问题。使用 **Gurobi** 求解器解得最佳调度方案，各车作业一次的任务最短耗时为 **3.68h**，模型能够稳定在对耗时矩阵施加小于 **10%** 的误差，A 类洒水车耗时明显小于 B 类洒水车。

针对问题二，洒水车固定作业两次，建立了两阶段作业模型，分别对两阶段的变量进行作业次数约束、作业连续性约束，作业点和给水站约束和最大耗时约束。求解得完成任务总耗时为 **6.69h**。灵敏度分析中，施加 **4%** 的误差仍能保持模型的稳定性，B 类洒水车耗时明显小于 A 类洒水车。

针对问题三，对于每辆洒水车都用一个**邻接矩阵**进行路径规划，主要对邻接矩阵中的行驶路线、各点流量和工作环路进行约束。通过分析行驶路径的特性，对传统旅行商问题的 **MTZ 约束进行改进**，减小了冗余约束并且提高了解效率。在求解器中使用**启发式算法与传统分支定界法**相结合的方法提高解的准确性。求解得任务总耗时为 **12.478h**，目标值上下界间隔为 **9.59%**。在时间度分析中阐明了启发式算法以及传统解法的优缺点。

针对问题四，将每个作业点前往给水点的时间看做**需求程度**，并结合问题三的结果，**Z02,Z04,Z06** 给水点均使用了 8 次。使用贪心的思想，选取 **J21** 和 **J27** 作为新增的给水点位。在此基础上重新考虑第三问，求解得作业时间为 **11.266h**，相较问题三减少了 **9.71%**。

本文的创新之处在于：1. 使用数学公式建立了多旅行商问题的精确解法。2. 针对性地对 **MTZ** 约束进行改进，减少了冗余约束。3. 对于大规模混合整数规划使用启发式求解能够快速优化可行解。

关键词：路径规划 多旅行商 MTSP 多目标线性规划 启发式算法 Gurobi