

[第二次作业] DUOSYS 作业效率分析

林深 刘晓慧 魏航 沈立文 张靖宜

一、问题描述

DUOSYS 使用 4 台堆垛机在同巷道内并行作业，且互不干扰，相比单堆垛机相同储位数的货架，效率可达 4 倍以上。本文基于课程资源 duosys.flv 中 DUOSYS 建模，分析堆垛机数量及出口位置对 DUOSYS 作业效率的影响。

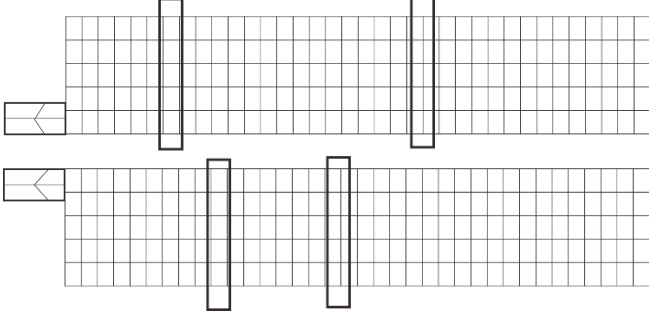


图 1.1 4 堆垛机 DUOSYS

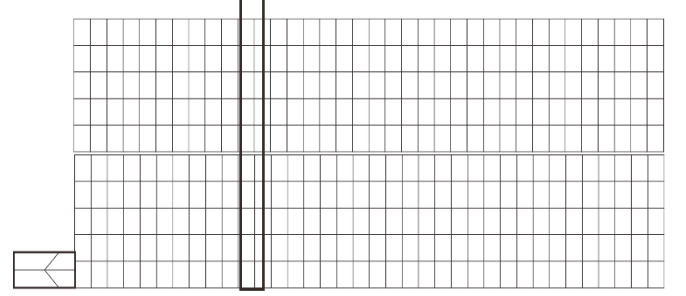


图 1.2 单堆垛机 DUOSYS

二、模型建立

取任务数为 n ，在 36×10 的货架上随机排布 n 个任务，存入 $n \times 3$ 矩阵 T ，其中 $T_{i,1}$ 表示层数， $T_{i,2}$ 表示列数，设 b_i 表示出入库（入库为 0，出库为 1），其中 $i \leq n$ ，设堆垛机水平速度为 v ，垂直速度为 ω ，储位高 h 米，储位宽 w 米，放置时间 c 秒。则对于图 1.1 所示的 4 堆垛机与单堆垛机 DUOSYS，设完成第 $i-1$ 任务时堆垛机所在货位为 P_i ，则单个任务 i 作业时间 t_i 为

$$t_i = \max\left(|P_{i,1} - b_i \times T_{i,1}| \times \frac{h}{\omega} + c, |P_{i,2} - b_i \times T_{i,2}| \times \frac{w}{v} + c\right) + \max\left(T_{i,1} \times \frac{h}{\omega} + c, T_{i,2} \times \frac{w}{v} + c\right)$$

$$P_i = \begin{cases} [0 & 0] , & b_i = 1 \\ [T_{i-1,1} & T_{i-1,2}] , & b_i = 0 \end{cases}$$

按堆垛机作业任务的顺序递推得到完成其所属任务所需时间 $\sum_{i=1}^n t_i$ ，对于图 1.1 的 4 堆垛机 DUOSYS，为每台堆垛机分配相同数量任务，按各自作业任务的顺序完成时间最长的为全部任务完成时间

$$\max(\sum t_{1i}, \sum t_{2j}, \sum t_{3k}, \sum t_{4p})$$

三、模型求解

使用遗传算法确定任务顺序，设置适应度函数为完成全部任务所需时间，初始化参数堆垛机平均水平速度 4m/s，垂直速度 1m/s，储位宽 0.5m，高 0.55m，放置时间 3 秒，任务数 100 个（随机货位，出入库分布均匀），堆垛机数量 1，种群数量 100，交叉概率 0.04，变异概率 0.05。

种群进化至 10000 代时趋向稳定，此时单堆垛机 DUOSYS 完成全部任务用时 697 秒，堆垛机空驶率 0.07。此时堆垛机的任务序列普遍为一入库一出库连续作业，且相邻的出库任务与入库任务所在货位距离相近，截取任务序列片段
[32 4 1]->[34 4 0]->[9 10 1]->
[11 9 0]->[2 5 1]->[3 5 0]->
[27 2 1]->[25 1 0]

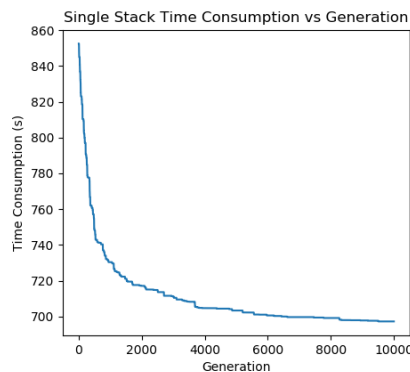


图 3.1 单堆垛机 10000 代用时

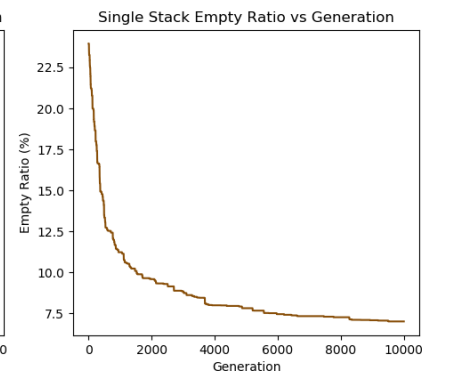


图 3.2 单堆垛机 10000 代空驶率

同样参数下计算 4 堆垛机 DUOSYS 协同作业总用时，及上层堆垛机空驶率：

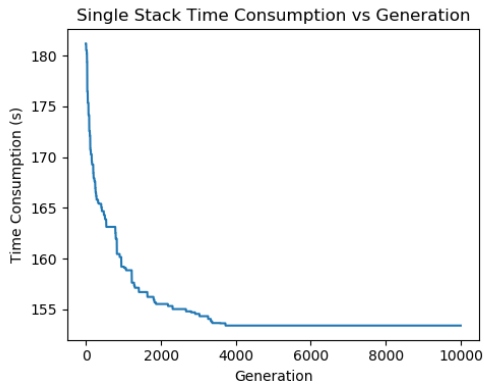


图 3.1 4 堆垛机 10000 代用时

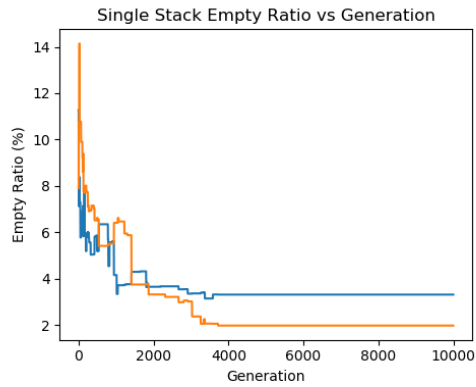


图 3.2 4 堆垛机 10000 代空驶率

总用时 153 秒，上层堆垛机空驶率分别为 0.03、0.02，相比单堆垛机 DUOSYS，4 堆垛机 DUOSYS 中合理的任务分配可以大幅降低单台堆垛机的空驶率，故能获得大于 4 倍的效率，多次实验效率提升均在 4.5 至 5 倍。

四、系统改进

货物出入货位的路径与货架出入口位置有关，考虑将上下层出入口分别移至货架中间层，如图所示

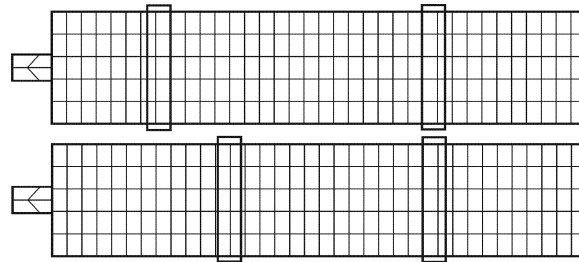


图 4.1 改变出入口位置

为减小计算量，只考虑入库，参数同上，为使每层两个堆垛机作业时间较为均衡，使用 0-1 规划确定任务所属堆垛机。设任务数为 n ， D 为单个任务完成时间行向量， x 为任务所属堆垛机 01 列向量，目标函数：

$$\text{Min } \max(D \cdot x, D \cdot (1 - x))$$

$$\text{st. } x_i = 0, 1$$

使用蒙特卡洛方法（即不断随机生成 01 向量 x ，保留当前最佳的 x ，随随机次数增加， x 趋于稳定）求解。

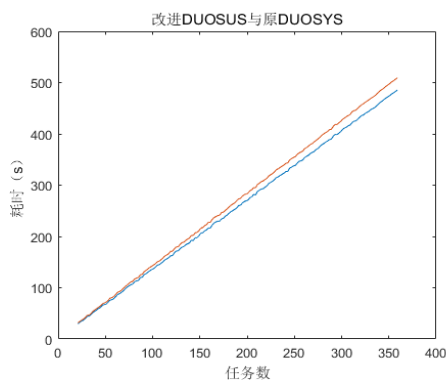


图 4.2 修改出口位置前后对比

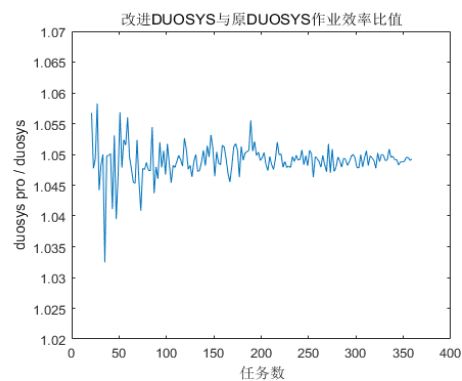


图 4.2 修改出口位置提升效率

修改出入口位置后可进一步提升约 5% 的效率。

五、结语

代码见 <https://github.com/baqihuanxiong/->

2018.3.21