

基于 NSGA-II 算法求解多目标规划模型的生产安排优化

摘 要

本文针对柔性流水车间调度问题，建立了多目标规划模型，使用 NSGA-II 算法求解得到各产品的加工安排，分别给出在不同优化目标下的生产计划。

针对问题一，本文建立基于 NSGA-II 求解的单目标规划模型。首先规定了**并列关系**工序的加工规则，分别计算出各产品工序的加工耗时。以**最小化最大完工时间**为优化目标，根据多个工序和机床的约束条件建立了单目标规划模型。通过 NSGA-II 算法进行求解。在求解过程中，通过加入并行思想的解码方式解决了并列工序问题。多次运行算法得到最优结果的最大完工时长为 **51893 工时**，完工时间为 **36 天**，给出了生产安排的甘特图。由结果可知，部分产品**不能**在 30 天周期内完成。通过分析生产安排中工序的正确性和 NSGA-II 算法的迭代收敛性得知模型建立正确且算法性能较好。

针对问题二，增加优化目标将问题一中的模型转化为基于 NSGA-II 求解的**多目标**规划模型。首先设定加急产品在生产开始前已知，在问题一模型的基础上增加优化目标：**最小化**加急产品的**最大完工时长**和**最小化**加急产品的生产**总耗时**。通过随机指定多个加急产品进行了 **3 次**仿真分析。第一次加急产品 7 和 8，分别提前完工 9 天和 15 天；第二次加急产品 1、2、3，分别提前 12 天、4 天、1 天；第三次加急产品 1、3、5、7、9，无法做到全部提前完工。由仿真结果可知，当加急产品较少时，可以合理安排生产计划，但当加急产品较多时，无法令全部加急产品都能比原计划提前交货。

针对问题三，在最小化空闲时间的目标下重新考虑问题一的调度并通过模拟仿真求出产品数量和机床数量都增加时的生产安排。首先规定机床“空闲时间”为机床最后停工时间与机床载荷时间的差值，优化目标为最小化最大完工时间和最小化机床总空闲时间。求解得到最优的生产安排为使用机床 $A - F$ 对所有产品工序进行加工，机床 G 和 H **不参与生产**，机床**总空闲时间为 0**。然后通过随机方法产生产品种类和机床种类都增加的案例进行仿真，得到复杂度更高生产安排。分析结果可知，工序的安排均符合约束，算法不存在早熟收敛，说明本文建立的模型适用于多目标优化且规模较大的生产安排问题。

本文的创新之处在于创造性地使用加入**并行思想的解码方式**，合理地解决了工序间具有并列关系的生产安排优化问题。

关键词：柔性流水车间调度 生产安排优化 多目标规划 NSGA-II 算法