

智能 RGV 的动态调度策略模型

周正昱

(山东农业大学 信息科学与工程学院, 山东 泰安 271018)

摘要:本文针对智能 RGV 的动态调度策略问题, 针对不同情况建立合理的模型。并依据所给条件使用运筹学, MATLAB 等知识给出一定的算法, 得出与问题相关的结论。智能 RGV 的动态调度策略问题可以归结为在一定条件下使得调度时间与 CNC 利用率达到最优的动态规划模型。本文共分为两个问题, 需要建立两个彼此相关, 层层递进的动态规划模型, 从而找到较优的调度策略, 使该系统在连续工作 8 小时所生产的物料最多。

关键词:智能加工系统; RGV 动态调度模型; 动态规划; 状态转移方程

中图分类号: TP18 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-3872(2018)23-0055-03

1 智能加工系统

1.1 智能加工系统的组成

智能加工系统由 8 台计算机数控机床 (Computer Number Controller, CNC)、1 辆轨道式自动引导车 (Rail Guide Vehicle, RGV)、1 条 RGV 直线轨道、1 条上料传送带、1 条下料传送带等附属设备组成的。RGV 是一种无人驾驶、能在固定轨道上自由运行的智能车。它根据指令能自动控制移动方向和距离, 并自带一个机械手臂、两只机械手爪和物料清洗槽, 能够完成上下料及清洗物料等作业任务。具体智能加工系统的示意图如图 1。

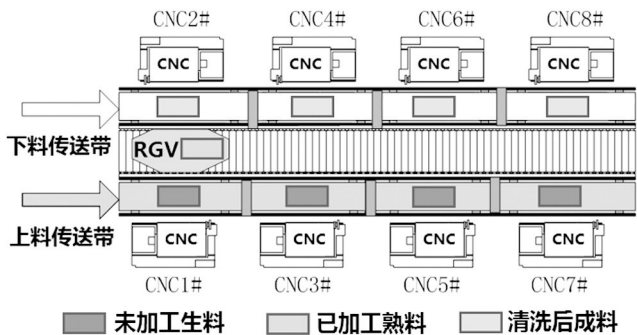


图 1 智能加工系统示意图

1.2 智能加工系统的工作原理

- 1) 初始状态: 智能加工系统通电启动后, RGV 在 CNC1# 和 CNC2# 正中间的初始位置, 所有 CNC 都处于空闲状态。
- 2) 上下料: 处于空闲状态的 CNC 向 RGV 发出上料需求信号, RGV 在收到某 CNC 的需求信号后, 它会自行确定该 CNC 的上下料作业次序, 并依次按顺序为其上下料作业。
- 3) 清洗作业: 在 RGV 为某 CNC 完成一次上下料作业后, 就会转动机械臂, 将一只机械手上的熟料移动到清洗槽上方, 进行清洗作业。清洗完后, RGV 将成料放到下料传送带上送出系统。
- 4) RGV 接收信号, 进行上下料, 清洗作业, 如此循环往复, 直至系统停止作业。

1.3 要解决的具体问题

- 问题一: 针对只需要一道工序对物料进行加工作业并且每台 CNC 安装同样的刀具, 物料可以在任一台 CNC 上加工完成的情况, 给出 RGV 的动态调度模型和相应的求解算法。
- 问题二: 当对只需要一道工序的物料进行加工作业时,

CNC 在加工过程中可能发生故障 (据统计: 故障的发生概率约为 1%) 并且每次故障排除 (人工处理, 未完成的物料报废) 时间介于 10~20 分钟之间, 故障排除后即刻加入作业序列, 对此给出 RGV 的动态调度模型和相应的求解算法。

表 1 智能加工系统作业参数的数据表

系统作业参数	数据
RGV 移动 1 个单位所需时间	20
RGV 移动 2 个单位所需时间	33
RGV 移动 3 个单位所需时间	46
CNC 加工完成一个一道工序的物料所需时间	560
RGV 为 CNC1#, 3#, 5#, 7# 一次上下料所需时间	28
RGV 为 CNC2#, 4#, 6#, 8# 一次上下料所需时间	31
RGV 完成一个物料的清洗作业所需时间	25

2 问题分析

2.1 问题一的分析

因为在问题一中物料只需要一道工序, 且 RGV 和 CNC 每一阶段的状态没有后效性, 因为需要考虑每个阶段的最优化, 从而对该问题进行动态规划, 将问题分为两个阶段。对 RGV 的状态进行一个动态规划, 规划项为时间最短。

第一阶段: 选取 RGV 的下一状态为与 RGV 最近的一个空 CNC, 并对其进行上下料操作。

第二阶段: 选取 RGV 的下一状态为发出信号时间与移动时间的和最小的 CNC, 并对其进行上下料。

建立动态规划模型, 使该模型在考虑时间与 CNC 的利用率的情况下达到最优, 并利用 MATLAB 写出相应的求解算法^[1]。

2.2 问题二的分析

因为在问题二中物料只需要一道工序, 且 RGV 和 CNC 每一阶段的状态没有后效性, 因此需要考虑每个阶段的最优化, 从而对该问题进行动态规划, 将问题分为两个阶段。

第一阶段: 选取 RGV 的下一状态为与 RGV 最近的一个空 CNC, 并对其进行下料操作。

第二阶段: 选取 RGV 的下一状态为发出信号时间与移动时间的和最小的 CNC, 并对其进行上下料。为了模拟故障发生的情况, 此时生成一个符合 0~1 分布的随机数, 此随机数用来模拟机器是否发生故障。若发生故障则生成的随机数为 1, 其概率为 0.01; 反之则机器未发生故障, 生成的随机数为 0, 概率为 0.99。与此同时生成一个符合均匀分布的随机数, 其取值范围在 600~1200 秒之间。若发生故障, 则令其下一次成为 RGV 的“前置事件”的时间更改为故障修复之后的时间, 将 RGV 的状态更新到新的位置, 并搜索下一个状态^[2]。

作者简介: 周正昱 (1998-), 女, 山东沂水人, 本科, 研究方向: 数学与应用数学。

3 模型假设

1)假设传送带能够及时补充生料,运输熟料。2)假设若 CNC 发生故障,由 RGV 报警。3)假设所有 CNC 第一次上下料时不出故障。4)假设题目给出数据真实可靠。

4 符号说明

Num--加工 CNC 编号;St--上料开始时间;Xt--下料开始时间;Dam--出故障的 CNC 的位置;Dst--出故障的开始时间;Det--出故障的结束时间;s--RGV 的位置;ct--CNC 加工完成一个一道工序物料的所需时间;w--表示 RGV 完成一个物料的清洗作业所需时间;DP--表示 RGV 完成某一状态的局部最优时间;U--表示 600~1200 的均匀分布随机数;dis_i--RGV 移动 i 单位所需时间;rt₁--编号为奇数的 CNC 一次上下料所需时间;rt₂--编号为偶数的 CNC 一次上下料所需时间;B₀₁--表示概率为 0.01 的 0~1 分布;PRGV_{min}--表示最优的前置状态;PRGV_{dam}--表示发生故障的 CNC 的位置;PRGV_i--表示在一道工序情况下 RGV 的前置状态 i。

5 模型的建立与求解

5.1 问题一

5.1.1 模型建立

在第一阶段的动态规划中,寻找与 RGV 现状态最近的 CNC 进行装填,此时 NRGV 的前置状态 PRGV_i 表示未装填的 CNC 的位置,得到状态转移方程(1):

$$rt = \begin{cases} rt_1, i \bmod(2) \neq 0 \\ rt_2, i \bmod(2) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$DP(NRGV) = \min\{(ls - PRGV_i) + rt\} \quad (2)$$

其中 i 为未装填的 CNC 的编号。

同时更新

$$DP(PRGV_{min}) = (ls - PRGV_{min}) + rt + ct \quad (3)$$

也就是将该前置状态更新为它能下一次成为前置状态的最早时间,也即该 CNC 下一次完成材料加工的时间。

在第二阶段的动态规划中,找寻信号发出时间与 RGV 位移时间之和最小的 CNC 进行装填,此时 NRGV 的前置状态 PRGV_i 表示发出信号的 CNC 的位置,DP(PRGV_i)则表示该状态最早发生的时间点^[3],那么,由此得到状态转移方程(3):

$$\begin{cases} DP(NRGV) = \min\{DP(PRGV_i) + (ls - PRGV_i) + rt\} + w \\ i = 1, 2, \dots, 8 \end{cases} \quad (4)$$

同时更新

$$DP(PRGV_{min}) = DP(PRGV_{min}) + (ls - PRGV_{min}) + rt + ct \quad (5)$$

也就是将该前置状态更新为它能下一次成为前置状态的最早时间,也即该 CNC 下一次完成材料加工的时间。

因此问题一的模型为:

初状态下,为使得机械利用效率最高,填充所有 CNC,得:

$$\begin{cases} DP(NRGV) = \min\{(ls - PRGV_i) + rt\} \\ DP(PRGV_{min}) = (ls - PRGV_{min}) + rt + ct \end{cases}$$

工作状态下,采取基于时间的动态规划,得

$$\begin{cases} DP(NRGV) = \min\{(ls - PRGV_i) + rt\} + w \\ DP(PRGV_{min}) = DP(PRGV_{min}) + (ls - PRGV_{min}) + rt + ct \\ i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 \end{cases}$$

5.1.2 模型的解决与分析

对于问题一的模型,使用 MATLAB 对上述动态规划进行了模拟,将表 1 所给的数据带入后得到八小时内的工作结果,以下为部分表格:

可见在只有一道工序的状况下,RGV 在装填完所有的 CNC 后,就开始了动态规划对时间的路径寻优,并不呈现规律性,优点体现为作业效率较高,但一直为局部最优解。

表 2 表 1 数据关于问题一模型的测验结果

加工物料序号	加工 CNC 编号	上料开始时间	下料开始时间
1	1	0	572
2	2	27	604
3	3	77	667
4	4	122	717
5	5	172	762
6	7	217	807
7	6	276	885
8	8	354	977
9	2	604	1181
10	1	572	1144
11	3	667	1257
12	4	717	1312
13	5	762	1352
14	7	807	1397
15	6	885	1494

5.2 问题二

5.2.1 模型建立

针对故障的发生,在模型一的基础上进行了改进并得到了模型二,这里根据问题分析中的假设得到:

$$rt = \begin{cases} rt_1, i \bmod(2) \neq 0 \\ rt_2, i \bmod(2) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

在第一阶段的动态规划中,根据分析得到同模型一状态转移方程:

$$DP(NRGV) = \min\{(ls - PRGV_i) + rt\} \quad (2)$$

其中 i 为未装填的 CNC 的编号。同时更新前置状态为新添加材料的最早加工完成的时间:

$$DP(PRGV_{min}) = (ls - PRGV_{min}) + rt + ct \quad (3)$$

在第二阶段的动态规划中,相较于模型一,引入上述随机变量来对故障的发生进行模拟,由此得到状态转移方程^[4]:

$$\begin{cases} DP(NRGV) = \min\{DP(PRGV_i) + (ls - PRGV_i) + rt\} + ct + B_{01} \times U + w \\ i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 \end{cases} \quad (4)$$

同时更新前置状态为新添加材料的最早加工完成的时间,并重置被损坏的 CNC 作为下一前置状态的最小时间:

$$\begin{cases} DP(PRGV_{min}) = DP(PRGV_{min}) + (ls - PRGV_{min}) + rt + ct \\ DP(PRGV_{dam}) = DP(PRGV_{dam}) + U + (ls - PRGV_{dam}) \end{cases} \quad (5)$$

因此问题二的模型为:

初状态下,为使得机械利用效率最高,填充所有 CNC,得:

$$\begin{cases} DP(NRGV) = \min\{(ls - PRGV_i) + rt\} \\ DP(PRGV_{min}) = (ls - PRGV_{min}) + rt + ct \end{cases}$$

工作状态下,采取基于时间的动态规划,得:

$$\begin{cases} DP(NRGV) = \min\{DP(PRGV_i) + (ls - PRGV_i) + rt\} + ct + B_{01} \times U + w \\ DP(PRGV_{min}) = DP(PRGV_{min}) + (ls - PRGV_{min}) + rt + ct \\ DP(PRGV_{dam}) = DP(PRGV_{dam}) + U + (ls - PRGV_{dam}) \end{cases}$$

5.2.2 模型的解决与分析

对于问题二的模型,使用 MATLAB 对上述动态规划进行了模拟,将表 1 所给的数据带入后得到八小时内的工作结果,以下为部分表格:

(下转第 66 页)

将农机生产企业、科研院校、农机用户、农机推广部门联系起来,通过发挥各自的优势,加大农机推广力度,增强辐射带动能力^[4]。如传统的示范基地模式推广,农机大户、科技大户示范带头推广,农村致富能人带头推广,组织农机科技示范带头人外出参观学习,通过多渠道的推广以加快农机新技术、新机具推广的步伐,真正实现农机推动工作对农业生产的促进作用。

2.6 对贫困群众购机进行累加补贴

农业机械的购置、使用、维护、维修,都是需要成本的,这对于一部分的贫困群众来说可能会造成较大的经济压力,在这样的情况之下,很多的农村贫困群众即使是想要改变自己的农业生产方式,也会因为客观经济条件的限制难以改变。为了解决这样的困难和矛盾,我们在农机推广工作当中,要争取对贫困群众购买农机进行累加补贴,结合精准扶贫等其他各项工作,精准识别贫困群众,精准分析其贫困程度,并为其提供相应的补贴,使其能够真正有能力改变生产,最终实现脱贫致富。

2.7 落实农机使用及安全教育

在农机推广与服务工作当中,我们要重点注意的是对农村贫困群众做好农机使用及安全教育,因为他们的文化知识水平普遍较低,在农机的使用过程中,可能会不明白如何

正确操作,甚至可能会因为操作上的错误而发生安全事故。所以我们要必须要深入基层,对群众做好一对一的使用示范教育,提高他们的农机安全意识,使其能够在生产过程当中,安全操作,正确使用农机,确保农机使用的效率和安全性。

3 结束语

综上所述,农机推广与服务既能提高农村农业生产的机械化水平,发展农村现代农业,又能有效的推动和提升脱贫攻坚成效,所以必须要引起我们的高度关注和重视,要采取积极、有效的措施,切实开展好农机推广与服务工作,使农业机械能够在农村的农业生产过程当中,得到大范围、高效率的安全使用。

参考文献:

- [1] 王俊彪.农业现代化要求下如何更好地推进农业机械化[J].才智,2018(26):228.
- [2] 许丽娅.现代农业产业化基础下我国农机工程发展对策[J].农机使用与维修,2018(9):77.
- [3] 贾洪伟.探讨基层农机推广工作的作用及策略[J].农民致富之友,2018(19):148.
- [4] 刘琦,赵明正.农业现代化进程中农业要素使用强度变化规律研究——基于全球29个主要农业国家的国际经验[J].农业经济问题,2018(3):23-32.

(上接第56页)

表3 表1数据关于问题二模型的测验结果

加工物料序号	加工 CNC 编号	上料开始时间	下料开始时间
1	1	0	588
2	2	28	619
3	3	79	687
4	4	127	738
5	5	178	786
6	7	226	834
7	6	287	911
8	8	364	1001
9	2	619	1210
10	1	588	1176
11	3	687	1295
12	4	738	1349
13	5	786	1394
14	7	834	1442
15	6	911	1535

可以发现发生故障后的动态规划模型仍趋于较为稳定状态,为损坏的 CNC 报警后,仍能按照时间路径的寻优方式得到新的调整路径,并使得损坏的 CNC 在修好之后能及时投入工作。

6 模型的评价

6.1 优点

1) 本文所建立的两个模型互相之间有联系,一环套一环,从一道工序到两道工序再到加入故障的因素,只有将第一个模型建立好,才能接下来解决后面的问题,逻辑性强。

2) 模型的建立与实际生产过程相联系,充分考虑了实际中的情况,从而使模型更贴近实际,通用性强,可以对处理任意多产品数的情况进行分析。

3) 本文建立的动态规划模型有成熟的理论基础(运筹学等),又有相应的软件(MATLAB)支持,可信度高。

4) 本文所建立的智能加工系统的模型可以被推广应用到分发快递,挑拣货物等领域。

6.2 缺点

1) 模型中使用的变量较多,使得算法较为复杂。

2) 模型假设较多,所建立的模型较理想化。

3) 以上模型只考虑了简单的情况,未考虑更换刀具等复杂情况。

参考文献:

- [1] 薛定宇,陈阳泉.高等应用数学问题的 MATLAB 求解(第三版)[M].北京:清华大学出版社,2013.
- [2] 司守奎,孙兆亮.数学建模算法与应用(第2版)[M].北京:国防工业出版社,2015.
- [3] 《运筹学》教材编写组.运筹学(第4版)[M].北京:清华大学出版社,2012.
- [4] 杨桂元,朱家明.数学建模竞赛优秀论文评析[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2013.