

# 基于遗传算法的农机优化配置

袁 中

(青岛农业大学, 山东 青岛 266109)

摘要: 随着区域间农机作业规模的不断扩大, 农机数量也在不段增加。人工农机监控调度已经不能适应此时农机作业的发展趋势, 导致农机作业效率低、农机分配不均、信息传达不及时和规划路线不合理等情况。随着互联网技术和 GPS 定位技术逐渐成熟, 农业信息化已成为我国着重发展的重要领域, 很多学者也早已对智能农机监控调度展开深入研究, 遗传算法在农机优化配置中的应用也不断创新并逐步趋于完善。基于此, 文章对基于遗传算法的农机优化配置展开积极探索, 旨在不断提升遗传算法应用的准确性, 实现农机优化配置。

关键词: 遗传算法; 农机优化配置

我国地域辽阔, 由于南北气候、地理地貌不同, 南北方农机的数量、品种、大小分布不均, 农作物种类、成熟时间也不一样, 在农忙季节农机的供需矛盾突出。因此, 农机合作组织和农机手为了不误农时抢收抢种, 同时兼顾经济效益, 需要跨区域作业。过去一个农机合作社跨区域作业, 仅靠手机或人工驱车通知, 调度工作执行效率和劳动收益, 也降低了我国信息化和农机产业化的平均发展水平。相关研究表明, 信息化在提高农场产品质量、监控农场土地施肥状况以及提高农机工作效率等方面都起到了重要作用, 所以利用信息化技术手段, 围绕解决农机需求情况、作业动态、作业市场信息以及作业管理等问题, 研究基于对遗传算法的农机配置问题, 建立农机监控调度平台, 能够有效保障农机资源的合理分配与使用, 最大限度的发挥农机资源在农业中的作用。

## 一、问题描述

在农机调度中, 单机单任务的农机作业序列规划问题可类比成 TSP 问题进行分析, 对农田空间分布和农机作业时间进行综合考虑; 而对于多机多任务的农机作业序列规划问题, 可描述为:  $m$  台能执行不同作业任务的农机需要在  $n$  块农田上进行特定作业, 指定每块农田特定的作业任务及顺序、每块农田作业参数及每台农机的参数, 安排每台处于不同位置的农机在不同田块的作业任务和作业顺序, 使整个农场的生产作业耗时达到最短。此外, 本研究还综合考虑了农机从当前位置到目标田块的迁移时间, 以及农机在达到目的地后作业准备时间。

## 二、数学规划模型

根据多机多任务调度问题的描述, 对该问题的抽象模型定义如下:

1) 农田集合  $F=\{F_1, F_2, \dots, F_m\}$ , 以  $F_i$  代表第  $i$  块农田, 其属性描述为  $F_i=(LocF_i, SF_i)$ , 其中  $LocF_i$  和  $SF_i$  分别表示农田  $F_i$  的入口位置和面积,  $i \in [1, m]$ ;

2) 农机集合  $M=\{M_1, M_2, \dots, M_r\}$ , 以  $M_j$  代表第  $j$  台农机, 其属性描述为  $M_j=(LocM_j, RS_j, WS_j, ReadyT_j)$ , 其中,  $LocM_j$  表示农机  $M_j$  的当前位置,  $RS_j$  表示农机  $M_j$  地块转移过程中的平均行驶速度,  $WS_j$  表示农机  $M_j$  的平均作业速度,  $ReadyT_j$  表示农机作业前准备时间, 且有  $j \in [1, r]$ ;

3) 农机集群  $MT=\{MT_1, MT_2, \dots, MT_n\}$ , 以  $MT_k$  代表第  $k$  种

类型农机, 表示为  $MT_k=\{Mk_1, Mk_2, \dots, Mk_a\}$ ,  $a$  为第  $k$  种类型的农机总数, 且有  $MT_1 MT_2 \dots MT_n=M, k \in [1, n]$ ;

4) 作业任务序列的集合  $Task=\{Task_1, Task_2, \dots, Task_m\}$ ,  $Task_i$  代表农田  $F_i$  的作业序列, 并表示为  $Task_i=\{Task_{i1}, Task_{i2}, \dots, Task_{in}\}$ ,  $Task_{ik}$  代表在农田  $F_i$  上进行第  $k$  种作业, 且对应作业的农机类型为  $MT_k, k \in [1, n]$ 。

此外, 农机调度还需满足下述条件:

1) 每台机器只能同时在某一块地上进行作业;

2) 在农机数量充足的条件且农田面积大于  $0.3\text{hm}^2$  时, 每块地可安排多台同种作业任务的农机进行作业;

3) 为避免不同类型农机因作业任务不同而产生干扰, 单块农田只进行同一种作业类型的作业, 而需要多机协同完成同一作业任务的情况 (如收获机与运粮车的协同收获作业), 将其处理成同一类型作业任务;

4) 每块农田不同任务的作业顺序固定, 须满足专门的作业规程, 且每块农田的任务必须被执行。上述调度问题在考虑农田作业任务要求的同时, 还考虑农田与农机的相对位置关系, 以最近距离农机优先作业为原则, 求出每块农田上农机的作业顺序集  $S_i=\{S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{in}\}$ , 并以  $S_{ij}$  表示农机  $M_j$  到农田  $F_i$  的调配方案, 选取总调度时间最小为优化目标, 调度模型表示如下:

调度目标:

$$\text{Min}T=\max\{TF_1, TF_2, \dots, TF_m, \} \quad (1)$$

约束条件:

$$TF_1=[\sum_k^n (\text{trans}T_{ik}+\text{work}T_{ik}+\text{ready}T_{ik}) \times Z_{ik}]$$

$$=[\sum_k^n (\max (\text{trans}T_{i1} \times Z_{i1}+\text{trans}T_{i2} \times Z_{i2}+\dots+\text{ready}T_{in} \times Z_{in}) + (S_{Fi}-\sum_{j=1}^r (\text{trans}T_{ik}-D_{ij} \times t_{ij}/E_k) \times E_k)/(\sum_{j=1}^r Z_{ik} \times E_k)) \times Z_{ik}+\text{ready}T_{ik}] \quad (2)$$

$$Z_{ik}=\begin{cases} 1, & \text{农机集群}MT_k\text{到农村}F_i\text{进行作业} \\ 0, & \text{农机集群}MT_k\text{未到农村}F_i\text{进行作业} \end{cases} \quad (3)$$

$$t_{ik}=\begin{cases} 1, & \text{农机集群}MT_k\text{到农村}F_i\text{进行作业} \\ 0, & \text{农机集群}MT_k\text{未到农村}F_i\text{进行作业} \end{cases} \quad (4)$$

$$\sum_j t_{ij} \geq Y_i, \quad \forall j=1, 2, \dots, r \quad (5)$$

式中  $T$  为任务总时间,  $h$ ;  $TF_i$  为第  $i$  块农田的作业总时间,  $h$ , 其中  $i=1, 2, \dots, m$ ;  $\text{trans}T_{ik}$

为农机集群  $MT_k$  到农田  $F_i$  的转移时间,  $h$ , 其取值为农机集群  $MT_k$  中每台农机出发去农田  $F_i$  转移过程中所耗时间的最大值;  $\text{ready}T_{ik}$  为农机群  $MT_k$  中每台农机到达农田  $F_i$  作业前的准备时间,  $h$ ;  $\text{work}T_{ik}$  为农机集群  $MT_k$  在农田  $F_i$  的作业总时间,  $h$ ;  $SF_i$  为农田  $F_i$  的面积大小,  $\text{hm}^2$ ;  $D_{ij}$  为农机  $M_j$  当前位置到农田  $F_i$  的距离,  $\text{km}$ , 文中采用农机  $M_j$  到农田  $F_i$  两点之间的距离进行简要计算;  $E_k$  为第  $k$  种类型农机的工作效率, 即每小时的作业面积,  $\text{hm}^2/\text{h}$ ;  $z_{ik}$  表示农机群  $MT_k$  是否在田块  $F_i$  进行作业, 其中  $k$  与任务  $Task_{ik}$  相对应, 当农田中  $F_i$  中有任务需要被执行的任务  $k$  时,  $z_{ik}$  取值为 1,

否则为0;  $t_{ij}$  表示农机  $M_i$  是否到农田  $F_j$  进行作业, 若该农机的田间转移时间大于当前已经到达农田  $F_j$  的农机集群  $MT_k$  完成农田任务总时间, 则当前农机不参与该地块的作业, 此时  $t_{ij}$  置于0, 否则为1;  $Y_j$  为农田  $F_j$  的任务数量。式(5)表示农田  $F_j$  的每个任务都允许有多台农机参与, 且每个任务必须被执行。

三、IMPGA 算法原理

基于上述数学模型, 本文提出了基于时间窗的改进遗传算法求解多任务多农机调度问题, 算法流程如图1所示。

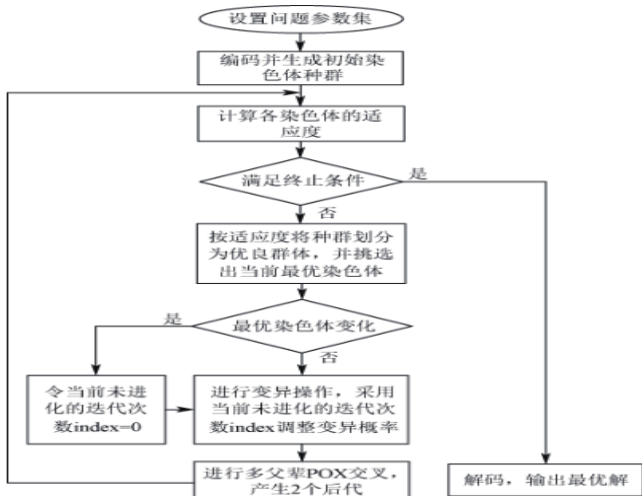


图1 改进遗传算法流程图

具体算法步骤如下:

1) 初始化问题参数集。录入农机、农田、作业任务等基础信息, 同时设置种群规模数 PopulationNumber 和迭代次数 Iteration;

2) 编码。基于农田序号的编码并初始化种群。

对于  $m$  块农田有  $r$  种作业任务情况下的作业调度问题, 每条染色体的基因数量为  $\sum_i^m N_i$  个 ( $N_i$  表示农田  $F_i$  的任务个数), 使用农田编号进行编码, 农田编号在染色体中出现的频次代表农田作业任务号, 第  $x$  次出现的作业序号代表该农田的第  $x$  个作业任务。如在一个  $2 \times 2$  的调度问题中, 农田集合  $F=\{F_1, F_2\}$ , 对应的任务集合  $Task=\{(1, 2), (2, 3)\}$ , 则随机分布的编码共有6种类型, 如  $[1\ 2\ 1\ 2]$  或  $[1\ 1\ 2\ 2]$  等。

3) 适应度函数计算。以作业时间最短为优化目标, 则遗传算法的适应度函数为

$$f=1/T \tag{6}$$

式中  $f$  为染色体适应度, 依据公式(1)~(5)对每个染色体的适应度值进行计算。

4) 个体选择。由于种群中优秀的父代个体中的基因质量更好, 为了保证优秀个体基因的遗传, 加速寻优结果的收敛速度, 按适应度值将种群划分成优秀和良好2种种群, 其中优秀种群占总群体规模的1/3, 良好种群占2/3, 从优秀群体里随机选取个体 Parent1, 从良好群体随机选取个体 Parent2 和 Parent3。

5) 变异。算法设计可调整的变异概率, 当在进行多次迭代之后, 如果种群中最优染色体的适应度没有发生变化, 则调整变异概率, 若发生进化, 则截至当前未进化的代数  $index$  置为0并重新开始累积, 调整的变异概率用函数表示为:

$$P_m=P_{m0}+index/Iteration \times 100\% \tag{7}$$

式中  $P_m$  为当前变异概率, %;  $P_{m0}$  为初始变异概率, %;  $index$  为截至当前未进化的代数。

6) 多父辈 POX 交叉。本文采用多父辈 POX 交叉方式, 用优秀个体 Parent1 分别与良好个体 Parent2 和 Parent3 进行交叉, 产生后代 Child1 和 Child2, 以  $3 \times 3$  的调度问题为例来说明交叉过程, 如图2所示。首先假定有3个选择的染色体序列 Parent1、Parent2 和 Parent3, 且有2个非空互余的基因子集 Gene1{1, 2} 和 Gene2{3}; 分别将 Parent1 中 Gene1 和 Gene2 进行分离, 并将分离的基因原位置于0, 0表示该位置暂时为空, 再将 Parent2 和 Parent3 进行处理, 分别保留 Gene2 和 Gene1; 最后分别将 Parent1 中保留的 Gene1 和 Parent2 中保留的 Gene2 进行交叉, 即按从前到后的顺序将 Parent1 中属于 Gene1 的基因依次放入 Parent2 中, 生成 Child1, 同理将 Parent1 中属于 Gene2 的基因依次放入 Parent3 中, 生成 Child2。至此, 多父辈的 POX 交叉的过程结束。

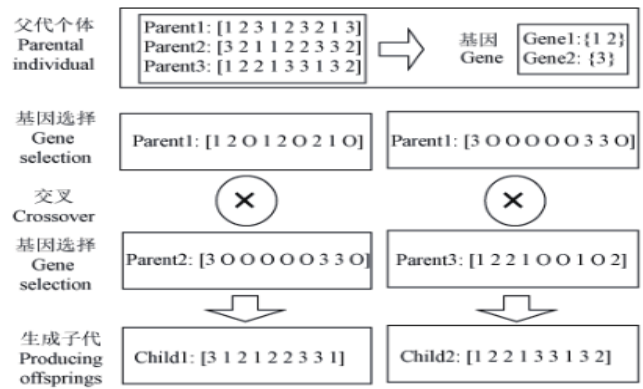


图2 多父辈 POX 交叉过程的示例图

7) 迭代进化。判断是否满足算法结束条件, 若不满足, 则返回至步骤3)迭代; 若满足终止条件, 则算法终止, 输出最优结果, 并将最优结果进行解码。解码是步骤2)的编码逆变换过程, 用实例来描述解码过程如下: 在一个  $2 \times 2$  的调度问题中, 农田集合  $F=\{F_1, F_2\}$ , 对应的任务集合  $Task=\{(1, 2), (2, 3)\}$ , 农机集合为  $MT=\{MT_1, MT_2, MT_3\}$ , 其中  $Task$  中的1代表平地作业, 使用农机群  $MT_1$  进行作业, 同理, 2和3分别代表播种作业和施肥作业, 相应地使用  $MT_2$  和  $MT_3$  进行作业, 当染色体编号为  $[1\ 2\ 1\ 2]$  时, 表示的农田作业次序为  $F_1-F_2-F_1-F_2$ , 则农机调度流程为  $MT_1-MT_2-MT_2-MT_3$ 。在确定农机集群的调度流程后, 还需对  $MT_k$  进行解码。对于任意序列  $MT_k$  的解码可描述如下: 考虑农机数量充足的情况, 对处于不同位置的农机, 当选择农机集群  $MT_k$  去同一目标农田  $F_j$  进行作业任务  $T_k$  时, 本文以基于最短路径的贪婪算法选择作业的农机台数, 具体过程为: ①在农机集合  $M$  中筛选农机类型为  $k$  的农机集合  $MT_k$ , 分别计算农机  $M_{ki}$  到农田  $F_j$  之间距离, 并按增序进行排列; ②以农田  $F_j$  的面积  $SF_j$  为调度约束, 依据公式(3)~(5)选择可作业农机, 判断某台农机能否加入该农田作业的准则是: 若该农机的田间转移时间大于当前已加入集群作业农机完成农田任务总时间, 则当前农机不参与该地块的作业。

参考文献:

[1] 金梁, 李伟, 朱清智. 基于混沌遗传算法的农机铸件模具加工工艺优化研究[J]. 农机化研究, 2022, 44(11): 225-228+233.  
 [2] 赵冉, 石晨, 谭骥. 农机安全生产信息系统的设计——基于混合遗传资源调度算法[J]. 农机化研究, 2021, 43(06): 231-234.