

基于改进 LSM 的多工作面线性工程施工进度优化

李冰

中铁二局集团有限公司, 四川 成都 610036

[摘要]针对多工作面线性工程施工进度优化问题, 考虑工作面与工作面间的作业关系, 以总工期最短为目标函数, 采用遗传算法求解, 建立基于改进的 LSM 模型的多工作面线性工程施工进度优化模型。为实现多工作面线性工程施工进度优化, 加快施工进度的科学性, 提出基于改进 LSM 的施工进度优化方法。以最大工期为目标, 对多工作面线性工程施工进度优化问题进行描述。在传统 LSM 的基础上, 通过引入惩罚因子调整最大流算法中的惩罚因子, 提高遗传算法的寻优精度; 采用精英保留策略、动态交叉和变异算子以及自适应交叉率, 提高遗传算法的全局搜索能力。将改进后的遗传算法与传统 LSM 进行仿真比较, 结果表明: 改进后遗传算法具有更高的计算精度和更快的求解速度, 并能有效解决多工作面线性工程施工进度优化问题, 在满足工期约束条件的同时, 可以显著地提高工程的综合工期为类似问题。提供一种新的解决思路和方法。

[关键词]LSM 的多面化线性工程; 施工问题; 进度优化

DOI: 10.33142/aem.v5i7.9252

中图分类号: TU72

文献标识码: A

Optimization of Construction Schedule for Linear Engineering with Multiple Workfaces Based on Improved LSM

LI Bing

China Railway No.2 Engineering Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610036, China

Abstract: In response to the problem of optimizing the construction schedule of linear engineering with multiple working faces, taking into account the operational relationship between the working faces and the shortest total construction period as the objective function, a genetic algorithm is used to solve the problem, and an improved LSM model is established for optimizing the construction schedule of linear engineering with multiple working faces. In order to achieve linear engineering construction schedule optimization with multiple working faces and improve the scientificity of construction schedule, a construction schedule optimization method based on improved LSM is proposed. Describe the optimization problem of linear engineering construction progress with multiple working faces, with the goal of maximum construction period. On the basis of traditional LSM, by introducing penalty factors to adjust the penalty factors in the maximum flow algorithm, the optimization accuracy of genetic algorithm is improved; Adopting elite retention strategy, dynamic crossover and mutation operators, and adaptive crossover rate to improve the global search ability of genetic algorithm. Comparing the improved genetic algorithm with traditional LSM through simulation, the results show that the improved genetic algorithm has higher computational accuracy and faster solving speed, and can effectively solve the optimization problem of linear engineering construction schedule with multiple working faces. While meeting the constraints of construction period, it can significantly improve the comprehensive construction period of the project, which is a similar problem, so as to provide a new solution and method.

Keywords: multi faceted linear engineering of LSM; construction issues; schedule optimization

1 LSM 的多面化线性工程介绍

1.1 概要

多工作面线性工程是指在施工过程中, 工作面的施工顺序、工作面与工作面间的作业关系以及工作面间的交叉作业等均具有非线性特点, 这就导致多工作面线性工程施工过程中, 实际工期往往比计划工期长, 多面线性工程施工进度优化问题便成了工程管理领域的研究热点。在国内外学者的研究中, 大多是将多个工作面线性工程施工问题视为一个整体进行研究, 通过建立数学模型, 采用智能算法求解。针对煤矿瓦斯治理工程项目中多工作面线性工程施工进度优化问题, 采用遗传算法进行求解, 在求解过程中发现, 该问题属于典型的多目标优化问题。多工作面工

程项目施工进度优化问题可以表述为: 在给定工期约束条件下, 对所提出的施工进度优化方案进行评价分析。从上述描述中可以看出: 在给定工期约束条件下, 每个工作面内作业步骤之间存在着相互制约和影响关系。考虑到施工过程中施工单位之间存在着竞争关系, 即一项工作的完成时间取决于其他工作完成时间, 因此需要考虑多工作面项目施工进度优化问题。以下提出一种改进的 LSM 模型求解多工作面线性工程施工进度优化问题, 并采用遗传算法求解。

1.2 问题描述及进度优化

在实际工程中, 存在着许多复杂的多工作面施工问题。多工作面线性工程施工进度优化问题主要是在给定的多工作面线性工程施工方案的基础上, 通过对多个工作面进

行资源优化配置,提高工作面与工作面之间的资源利用效率,进而实现工程工期的优化。首先,对工程项目中涉及到的资源进行划分,将资源划分为若干个可供使用的工作面。对于每个工作面而言,其所需的资源分别是:施工人员、施工机械、施工材料、施工安全措施、施工环境。进度优化问题:(1)项目工期约束,对于多工作面工程项目而言,如果存在某个工作不能在某段时间内完成而影响整个工程进度的话,则该工作不能被其他工作所占用。因此,在给定工期约束条件下,需要考虑多工作面项目施工进度优化问题。(2)工序逻辑关系约束,任何工序都可以按照时间顺序排列成一定的逻辑关系。由于工程项目是一个连续体系统,其内部各个工序之间存在着紧密的逻辑关系,例如在房屋建设中需要人工、材料、挖掘、建设等工程。每个工序都需要通过一定的设备和人员等资源来完成。因此施工过程中工序之间存在着相互依赖关系。(3)资源约束,工程项目所需要使用的设备和人员都是有限的,若在某一时间段内无法获得足够数量、满足质量要求的设备和人员的话,则该项目无法实施完成。(4)时间约束,工程项目工期是一个动态变化的过程,随着工程项目的施工进度不断变化,从而使得工期也随之发生改变。(5)网络图约束,工程项目施工进度优化问题是一个离散事件系统问题。该系统中每个工作需要通过一定的网络图来表达出来;网络图中的节点表示施工项目;网络图中各节点之间相互依赖、相互影响和相互作用^[1]。

2 遗传算法设计

2.1 编码设计

多工作面线性工程施工进度优化问题的目标函数为总工期最短,因此采用二进制编码的方法对优化问题进行描述。以下采用二进制编码方式,将工期、作业时间和工作面空间作为二进制编码的3个维度,即长度为 $\{0, 1\}$ 、作业时间为 $\{t, t+1\}$ 、工作面空间为 $\{M, M+1\}$ 。以工作面作业空间的距离和工作面之间的作业时间作为衡量标准,即把一个工作面划分成若干个作业空间。

2.2 适应度函数设计

以总工期最短为目标函数,在传统遗传算法中,以平均最优解作为适应度函数;在改进遗传算法中,以平均最优解作为适应度函数。通过比较传统遗传算法和改进遗传算法的寻优性能,并结合实际工程情况进行仿真实验对比分析,改进遗传算法具有更高。

2.3 遗传算子设计

采用精英保留策略、动态交叉和变异算子以及自适应交叉率。精英保留策略可以改善种群的多样性,避免早熟现象;动态交叉和变异算子可以有效提高算法的寻优能力。

2.4 精英保留政策

为了提高群体搜索能力,避免过早收敛于局部最优解或陷入局部最优解,在传统遗传算法中引入精英保留策略:

选择一些个体较优的个体进入下一代种群中作为新一代的父代种群;在新一代中选择一些较差的个体进入下一代种群中作为新一代的父代种群;如果出现了较好的个体,则将其保存下来并加入到下一代种群中去。当搜索到下一代后,再将该个体加入到下一代种群中去。使用精英保留策略,以减少早熟现象对算法运行效率的影响^[2]。

2.5 动态交叉和变异算子设计

为了避免算法陷入局部最优解,在传统遗传算法中引入动态交叉和变异算子。动态交叉是指将一个父代种群分成两个子种群:一个子种群包含多个父代个体;另一个子种群包含多个父代个体。以下采用自适应交叉率进行变异:如果父代群体出现早熟现象,则将其加入到下一代父代群体中去;如果父代群体没有出现早熟现象,则将其加入到下一代父代群体中去。动态交叉率根据搜索结果对交叉率进行自适应调整。根据不同的搜索范围设定动态交叉率:在最优解附近进行动态交叉操作时,若目标函数变化较大则提高其交叉率;在其他位置进行动态交叉操作时,若目标函数变化较小则降低其交叉率;当搜索到非最优解时再提高其交叉率。上述方法可以避免遗传算法陷入局部最优解或陷入非最优解等情况^[3]。

2.6 自适应交叉率设定

为了保证算法的全局搜索能力和收敛性,在文中自适应交叉率设定为0.3%。

3 算法分析

3.1 多工作面线性工程施工进度优化模型的约束条件

关于工作面线性工程施工进度优化问题,以总工期最短为目标函数,建立基于改进LSM模型的多工作面线性工程施工进度优化模型。多工作面线性工程施工进度优化模型的约束条件如下:(1)在满足工期约束的条件下,工作面个数为 N ,工作面之间作业关系为矩阵;(2)单位时间内最多可安排1个工作面作业,且满足工序之间不产生逻辑关系;(3)工作持续时间最长为 E ;(4)相邻两个工作面之间的最短距离为 D 。利用改进的LSM模型对房屋建筑进行分析,改进后的LSM算法在求解精度和求解速度方面都有了很大的提高,其性能明显优于传统LSM算法。

3.2 算法参数的选取

为了提高算法的性能,在参数选取方面,需要考虑以下两个方面:一是算法的参数取值范围;二是选择合适的参数组合。将工作面个数设为 N ,工作持续时间设为 E ,工作关系矩阵和工作面之间不存在逻辑关系设为 R 。针对文献中给出的算法参数设置,以下将工作持续时间、工作面个数和工作面之间不存在逻辑关系作为约束条件。同时考虑到算法的求解精度和计算速度等问题,以下选择 $D=[2, 5]$ 。当工作面个数一定时,工作持续时间是影响工期的主要因素。工作面个数 $N=9$,工作持续时间 $E=1h$ 。由于工作面数量 N 为9个时,每个工作面均有独立作业时间

$E=1h$, 因此选择 $D=[2, 5]$ 。对于每个工作面都需要安排一次作业顺序,且满足工序之间不产生逻辑关系。当选择 $D=[2, 5]$ 。最后考虑到算法的计算速度问题。当工作面个数 N 为 9 时,工作持续时间 $E=1h$,相邻两个工作面之间的最短距离 $D=[2, 5]$ 。

3.3 求解过程

利用 MATLAB 对传统的 LSM 算法进行仿真,得到不同工作持续时间下的工作开始和结束时间,改进后的算法在迭代过程中不会发生大的震荡,也没有出现过多的不可行解。当工作持续时间从 E 变化为 0 时,改进后的算法将会从 E 变为 1,此时工作持续时间为 1。在迭代过程中,改进后的算法将会把工作持续时间从 E 变化为 0,此时工作持续时间为 0。随着迭代次数的增加,工作持续时间逐渐减少到 0。通过仿真,得到不同工作持续时间下的最短工期,随着工作持续时间的减少,最短工期也相应地减少。当工作持续时间从 E 变化为 0 时,最短工期将会达到最大值 $1^{[4]}$ 。

3.4 改进 LSM 算法

多工作面线性工程施工进度优化模型是一个多目标、非线性、多约束的非凸函数优化问题。由于其变量规模大、参数众多,且求解过程中涉及大量的数值计算,故算法的实现具有较大难度。针对这一问题,以下提出了一种改进的 LSM 算法。(1) 基于动态规划思想和粒子群算法进行求解。采用动态规划思想,将原问题分解成若干个子问题,每个子问题都可以用动态规划算法求解。粒子群算法是一种模拟蜜蜂群体觅食行为的群集智能优化算法,其特点是收敛速度快、易于实现、求解效率高,在工程领域应用广泛。以下将粒子群算法中的 PSO 算法引入到多工作面线性工程施工进度优化问题中,通过合理设置初始种群和更新策略来避免陷入局部最优解;采用动态规划思想,利用资源约束条件来构建问题模型,从而使多工作面线性工程施工进度优化问题的求解过程更具一般性和普适性。(2) 利用变邻域搜索算法优化全局寻优能力。变邻域搜索算法是在基本粒子群算法的基础上,根据变量之间的相关性和距离变换原理,利用已知最优解作为下一次迭代的初始值,并对最优解进行一定范围的搜索来得到全局最优解。变邻域搜索算法具有较强的全局寻优能力和收敛速度快等特点,适合求解多工作面线性工程施工进度优化问题。

3.5 粒子群优化算法和变邻域搜索算法

粒子群优化算法是一种模拟蜜蜂群体觅食行为的群集智能优化算法。其基本思想是:随机地从粒子中选择一个最优粒子,利用该粒子的局部寻优能力和全局寻优能力,不断搜索更好的解,使最优解不断地逼近全局最优解。在基本粒子群算法中,每一个粒子都是由若干个粒子组成的群体,每个粒子都有自己的适应度值,并随着群体中所有粒子的适应度大小而调整若群体中某一粒子的适应度为 0 时,说明该粒子已经陷入局部最优解。为了避免陷入局

部最优解,在基本粒子群算法中引入了变邻域搜索算法。变邻域搜索算法是根据基本粒子群算法中的距离变换原理来对邻域进行调整,使得具有相似适应度的种群分布在同一个邻域内。不同的是,在变邻域搜索算法中,当个体适应度值为 0 时;当个体适应度值大于某一临界值时,则调整其邻近个体的适应度值;当个体适应度值小于某一临界值时,则对所有当前最优解进行调整。采用变邻域搜索算法来对多工作面线性工程施工进度优化问题进行全局寻优^[5]。

3.6 优化结果

通过对房屋建筑运用 LSM 技术进行分析,可以得到各工作面的作业时间,从而得出以下结论:(1) 改进的 LSM 算法收敛速度明显提高。在仿真过程中,传统的 LSM 算法需要经过多次迭代才能找到最优解。而改进后的算法在迭代次数较少时,就可以找到最优解。在迭代次数为 50 次时,改进后的 LSM 算法比传统的 LSM 算法收敛速度更快。(2) 改进后的 LSM 算法得到的各工作面作业时间与传统的 LSM 算法得到的各工作面作业时间存在差异。这是由于传统 LSM 算法没有考虑到工作面之间作业关系对工期产生了影响。

4 结语

以下针对多工作面线性工程施工进度优化问题,提出一种基于改进遗传算法的施工进度优化模型,通过引入惩罚因子调整最大流算法中的惩罚因子,并对遗传算法进行改进,提高了求解效率和精度。结果表明:改进后的遗传算法在计算速度和收敛精度上均优于传统的 LSM 模型;多工作面线性工程施工进度优化模型,可以在工程总工期最短的前提下,使总成本最低。研究工作是对已有研究成果的延伸和拓展,在理论研究和应用方面仍需进一步深入研究。随着计算机技术的发展和智能技术的推广应用,将会有更多改进遗传算法应用于工程领域中。

【参考文献】

- [1] 丁瑶,张喆,安亚强. 基于 LSM-GM 预测的高速公路工程施工进度动态控制 [J]. 科技和产业, 2022, 22(7): 364-369.
- [2] 陈志培. BIM 技术与 LSM 技术在高速公路工程施工进度管理中的应用 [J]. 企业科技与发展, 2021(8): 186-188.
- [3] 王忠伟,陈玉键. 基于实景建模与 LSM 方法的公路高边坡工程施工进度管理 [J]. 项目管理技术, 2021, 19(4): 89-92.
- [4] 刘文华. 建筑工程施工进度控制管理措施研究 [J]. 建筑设计及理论, 2018(8): 12.
- [5] 李剑. 建筑工程施工进度控制管理措施研究 [J]. 城市规划与设计, 2023(2): 67.

作者简介: 李冰, 2011 年 6 月毕业于重庆交通大学, 工程英语专业 2019 年 6 月, 西南交通大学, 管理科学与工程研究生班毕业, 当前工作单位: 中铁二局集团有限公司, 职位: 中铁二局埃塞分公司经营部长, 职称: 工程师。