

Firefighting Engineering Progress Management Based on Improved GA and BIM

Jian Ma

Fire Prevention and Supervision Division, Fire Department of Hebei Province, Shijiazhuang Hebei
Email: 740676510@qq.com

Received: Dec. 6th, 2018; accepted: Dec. 21st, 2018; published: Dec. 28th, 2018

Abstract

With the large scale and complexity of engineering projects, the firefighting engineering schedules management is more and more complexed. How to improve the efficiency of construction progress is a difficult problem for theoretical researchers and engineering managers. Based on the Building Information Model (BIM), the paper used improved GA algorithm to increase the generation efficiency of firefighting engineering construction progress with maximizing the constructability of the project. Considering the constraint of dependencies between components, the constraint rules were associated with the construction process to increase the possibility of automatic generation. And the method can retrieve enough information from the BIM and get effectively visualization in the 3D CAD system. Finally, the case study verified the feasibility and efficiency method.

Keywords

Firefighting Engineering, Project Progress Management, Progress Generation Efficiency, BIM, GA

基于BIM和改进遗传算法的 消防工程项目 进度管理

马 健

河北省公安消防总队防火监督部, 河北 石家庄
Email: 740676510@qq.com

收稿日期: 2018年12月6日; 录用日期: 2018年12月21日; 发布日期: 2018年12月28日

摘要

随着工程项目的大型化和复杂化,消防工程项目的进度管理越来越复杂。如何提高施工进度生成效率是理论研究者和工程管理人员面临的难题。本文基于BIM技术,采用改进遗传算法提高消防工程施工进度生成效率,使施工能力最大化。考虑到构件之间的约束依赖关系,将这些约束规则与施工进度进行关联,从而为施工进度的自动生成提供可能。此外,此方法可从项目的BIM模型中获取足够的信息,也可以在3D CAD系统中得到有效的可视化信息。最后,通过案例验证了消防工程施工进度生成效率的可行性和有效性。

关键词

消防工程, 项目进度管理, 进度生成效率, BIM, GA算法

Copyright © 2019 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着工程项目的大型化和复杂化,作为一项系统工程,消防工程项目的进度管理越来越复杂[1]。根据计划规定的期限合理地规划成本或根据最低成本的要求寻求最佳生产周期是项目管理者追求的重要目标[2][3]。如何寻求一个任务的调度序列与资源分配方案,使得消防工程施工进度计划总体用时最短是管理者面临的重要难题。现代项目所具有的技术难度大、结构形式复杂、信息量多、项目管理难度大等特点,使得传统项目管理方法越来越不适用建筑业的发展形势。

BIM技术顺应建筑业发展对信息化技术的需求而产生并受到广泛关注。BIM技术作为一共享的知识资源,包含了建设项目全生命周期所有物理和功能特性的数字化表达。该技术的出现为项目管理理论和技术的发展提供了新的思路[4]。当前基于BIM的各项研究和应用不断发展,各项应用研究之间也出现了较大的交叉性和互用性,比如基于BIM的5D模拟技术、基于BIM的进度风险管理等,因此基于BIM的施工进度计划自动生成模型的研究不仅能够解决施工进度计划的编制问题,也能够促进其他技术的深入研究和应用的推广。

近年来大量研究多将智能算法应用于资源配置及资源受限的进度编制问题。褚晓剑等对ZGC项目的进度管理的改进进行了研究[5]。董兆佳等对赢得值法在海洋工程项目进度控制中的应用进行了分析[6]。许靖对钢结构进度管理进行了分析[7]。许海燕应用BIM对项目进度管理进行了研究[8]。Hegazy等则将遗传算法与过程模拟相结合进行资源优化等工作[9]。Symeon等提出了一个方法来安排资源受限工程利用基于蚁群优化算法,该方法应用于资源受限的网络,用于检查资源可用性约束影响关键路径计算和项目完成时间[10]。然而,对如何提高消防工程施工进度生成效率等问题的研究还较少。并且,输入的3D模型越复杂,处理整个3D模型元素进度的算法越困难。因此,研究生成施工进度的效率问题是非常有必要的。

针对此问题,本文提出了改进遗传算法并采用BIM技术解决现代消防工程量庞大、结构与技术复杂化等问题,通过对三维设计的工业基础类文件进行解析,得到实体构件的位置和几何信息,结合使用本体描述施工过程中的各种约束规则,从而得到构件间的约束依赖关系;然后根据构件间的约束依赖关系

生成约束矩阵；最后利用算法生成消防工程项目进度计划。该成果为进度管理提供了一种新的思路和方法。

2. 改进 GA 算法

遗传算法(genetic algorithm, GA)具有快速的全局搜索能力,在遗传算法中,因偏重的差异,交叉的概率和变异的概率各不相同,通过交叉和变异这两个操作使其具备平衡整体和局部的搜索能力[11]。这两个操作的高效性使遗传算法具有两大优点:一是使遗传算法具有一定程度的局部随机搜索能力,当迭代到一定次数已接近较优解时,通过变异操作可以加快向较优解的收敛速度;二是能维持可行解的多样性,防止呈现早熟的现象。在不同行业的调度和旅行商问题(TSP)的解决方案中,遗传算法作为一种全局优化方法得到了广泛的应用。许多领域的研究人员长时间的研究验证了 GA 方法稳定可靠的性能和调度优化方面的可靠性。此外,该方法有不同的反应机制,还能避免局部最优。但遗传算法并没有利用迭代过程中的反馈信息,导致大量重复迭代,求准确解的效率不高。为了克服基本遗传算法的缺陷,本文借鉴蚁群算法中信息素反馈思想,提出基于信息素的改进遗传算法。

蚁群算法(ant colony algorithm, ACO)是一种求解组合优化问题的群体寻优算法[12] [13]。其工作原理是通过信息素的正反馈,实现算法的寻优。因此,本文采用蚁群算法中信息素正反馈的思想,对遗传算法进行改进。首先在遗传算法初始化过程中,利用蚁群算法的全局搜索能力,在进行遍历的过程中引入变异和交叉操作,提高可行解的多样化程度,避免算法的早熟,提高算法的鲁棒性和获得较优解的效率。具体改进策略为:

1) 信息素的优化。在遗传算法初始化时,将蚁群算法中各路径的信息素初值设为 τ_{\max} ,初始时通过获得不同路径中的信息素。信息素的更新机制为所有蚂蚁都遍历完所有的任务后,只有相对路径短的蚁群才进行信息素更新,即只取最短路径长度在前 90%的蚁群进行信息素更新,而所有路径的更新方程均采用:

$$\tau_{ij}(t+1) = \rho \cdot \tau_{ij}(t) + \sum \Delta \tau_{ij}^k(t) \quad (1)$$

其中, $\tau_{ij}(t)$ 为路径 (i, j) 在 t 时刻的信息素强度; $\Delta \tau_{ij}^k(t)$ 为蚁群 k 在路径 (i, j) 上单位路程的信息素; ρ 为信息素的保留率; Q_u 为常数,是单位路程的信息素总量; L_k 表示第 k 次蚁群在本次循环中所走过的路径的长度。

2) 变异操作的优化。为优化算法在变异操作中的随机性,提高算法的效率。根据变异概率 P_m 随机选择变异点,并且依据信息素浓度 $f_{ij}(t)$ 决定是否互换变异位置,确保变异位置中交换后信息素浓度比交换前的信息素浓度高。

3) 改进遗传算法步骤

步骤 1: 通过蚁群算法得到初始值,并根据初始值完成遗传算法的初始化;

步骤 2: $i = i + 1$;

步骤 3: L_k 出发点随机定位于当前解的可行域中,根据交叉概率对目标进行交叉操作,对比后若信息素浓度提高,则接受新值,否则拒绝;

步骤 3: 根据变异概率对目标进行变异操作,若信息素浓度提高,则接受新值,否则拒绝;

步骤 4: 对适应度函数 L_k 小于给定值的路径,按式(1)进行信息素的更新,并进行轨迹强度的修改;

步骤 5: 若 $i <$ 给定的迭代次数,则转步骤 2,否则,则输出目前较优解。

3. 案例分析

选择某工程钢结构施工计划作为对象,研究建立的仿真分析模块依托 BIM 技术,基于该平台的数据

接口导入并集成过程施工计划与各项任务的资源数据。

采用同一个工程，分别用传统的蚁群算法和遗传算法进行计算对比。在本研究中，只关注结构模型和内部元素，而管道、设备、暖通空调等并不包括在这些模型中。BIM 模型如图 1 所示。图 1 中的模型是一个包括 36 根柱子和 72 根梁，一共 108 个元素的结构模型。从 3D 模型的详细输入情况也表明了 3D 钢结构模型输入的复杂性。

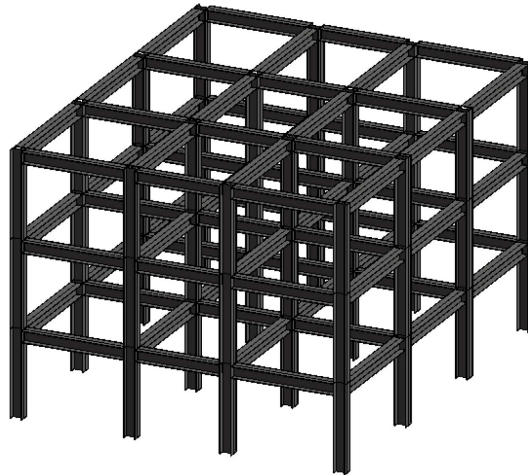


Figure 1. Model of the BIM 3D
图 1. BIM 3D 模型

1) IFC 处理

在采用 BIM 技术过程中，IFC 主要描述的是把实体建筑中的信息描述成模型形式，这也表明 IFC 用来描述实体建筑中的信息是非常适用的，具体表现为：

a) IFC 定义中的实体类层次结构与实体建筑中概念之间的层次结构非常相似；

b) IFC 中每个实体构件都具备相关的属性，如几何位置信息、形状信息、材料信息等，这与实体建筑中概念和实体的属性机制相似；

c) IFC 中的项目的组成关系，例如一个项目中包含多个场地、一个场地则包含多个建筑、一个建筑又包括多个楼层，这与实体建筑中的组合关系非常类似。

2) 约束处理

在消防工程中，存在着各种各样的约束。然而，在标准中，并没有针对这些约束规则提供有效的表达方式。因此需要使用一种方式来描述这些约束规则并与施工进度进行关联，从而为施工进度的自动生成提供可能。

参照历史相似项目的进度计划以及施工过程中的约束规则，为本项目的建设提供参考，通过记录同一类型的约束规则，可辅助进度计划的制定。使用规范的语言对不同类型的建筑历史信息进行记录，可以有效发挥历史数据的作用，为未来的项目提供参考，这正体现了大数据的用途，可以很大程度地降低进度计划制定的难度。

3) 改进 GA 的应用

本文采用改进 GA 算法导出消防工程施工进度计划。算法操作及其分析过程中的适用性也是非常匹配。算法整体流程为：

第一步：解析 IFC 文件。

第二步：构建描述实体构件信息和施工约束的信息库，实体构件的信息可以通过 IFC 文件解析结果自动转换，施工约束规则主要通过人工方式进行输入。

第三步：依据实体的位置、几何形状信息，结合本体中的规则，构建 MoCC 约束矩阵。

第四步：使用 GA-CRO 混合算法进行分析，得到实体构件之间的依赖顺序关系以及进度计划表。

算法运行的预期结果是实现满足施工能力和稳定性模型约束下的多个完整的施工顺序。如果它可以表明本次设计研究满足了既定的目标，那么可以证明该算法适用于自动稳定的发展建设项目调度并且具有一定程度的效率保证。

4) 结果分析

优化对比结果见表 1。

Table 1. Comparison of the results

表 1. 优化结果对比

	解的优化程度	生成时间减少率
Improved GA algorithm	15%	10%
Ant colony algorithm	13%	12%

表 1 表明采用遗传算法，对于给定的 3D 模型，能生成稳定、可构成的施工项目进度，较好的解决了进度生产问题。试验结果验证了所采用的约束条件策略应用有效性，可保证消防工程施工计划的固定时性，与兼顾全局的调度视角，使 GA 有效地利用资源实现对原计划的优化，并具有良好的鲁棒性。GA 优势明显，这是因为其具有更强的解空间搜索能力。在充分迭代执行的情况下，GA 有更好的整体优化能力。因此，从实验结果分析来看，能证明生成施工进度效率提高。

这种方法不仅为项目能生成稳定的施工进度，这也显示了消防工程序列的三维模型，说明完成三维模型的时间跨度的可行性。

4. 结论

本论文以消防工程施工进度生成效率优化为研究对象，基于 GA 算法和 BIM 技术，将三维设计作为输入信息，通过对三维设计的工业基础类文件进行解析，得到实体构件的位置和几何信息，结合施工过程中的各种约束规则，从而得到构件间的约束依赖关系。然后，根据构件间的约束依赖关系生成约束矩阵。最后，选择算法生成建筑项目进度计划表。针对 BIM 技术，本文提出一种提高消防工程施工进度生成效率的优化方法。此外，计算结果能在 3D CAD 系统中进行有效的可视化模拟。

但是本研究在某些方面也有一些缺陷和不足，可从以下几个方面进一步深入研究：

1) 在一些进度计划中，在资源的有效性方面可能会出现进度计划数据的重叠。因此，在后续的研究中可针对此难点进行深入分析，进一步提高效率。

2) 本文算法只考虑了构件和构件间的约束关系，生成了初始进度计划，也可以进一步研究将机械、人力等因素加入到模型中，对初始进度计划进行优化和完善，与已有的基于混合算法和 BIM 的施工进度优化的成果相结合，生成更加全面和准确的施工进度计划。这方面的研究也极具价值。

参考文献

- [1] Dho, H.J. and Khaled, E. (2011) Multiobjective Optimization of Resource Leveling and Allocation during Constuction Scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*, **137**, 1080-1088. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000368](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000368)
- [2] Duna, S., Roy, P.K. and Nandi, D. (2015) Optimal Location of UPFC Controller in Transmission Network Using Hy-

- brid Chemical Reaction Optimization Algorithm. *International Journal of Electrical Power Energy Systems*, **64**, 194-211. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.07.038>
- [3] Gokhan, G. and Griffis, F.H. (2014) Animation: Simulation-Based Approach to Time-Cost Trade-Off Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, **140**, Article ID B4013007.
- [4] Ngowtanasawan, G. (2017) A Causal Model of BIM Adoption in the Thai Architectural and Engineering Design Industry. *Procedia Engineering*, **180**, 793-803. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.240>
- [5] 褚晓剑. 基于 ZGC 项目的进度管理改进研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2018.
- [6] 董兆佳, 张璐, 李睿. 赢得值法在海洋工程项目进度控制中的应用[J]. *工程经济*, 2018, 28(6): 25-29.
- [7] 许靖. 宝钢总部基地 1 号楼钢结构进度管理[J]. *上海工程技术大学学报*, 2016, 30(1): 22-25.
- [8] 许海燕. 基于 BIM 的 F 客运枢纽项目进度管理研究[D]: [博士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2018.
- [9] Hegazy, T. and Kassab, M. (2003) Resource Optimization Using Combined Simulation and Genetic Algorithms. *Journal of Construction Engineering and Management*, **129**, 698-705. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2003\)129:6\(698\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:6(698))
- [10] Symeon, C. (2010) Scheduling Resource Constrained Projects with Ant Colony Optimization Artificial Agents. *Journal of Computing in Civil Engineering*, **24**, 45-55. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2010\)24:1\(45\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2010)24:1(45))
- [11] 刘爽, 魏欧, 郭宗豪. 基于概率模型检测和遗传算法的基因调控网络的无限范围优化控制[J]. *计算机科学*, 2018, 45(10): 313-319.
- [12] 赵菡, 张琤, 林家骏. 基于混合编码遗传算法的最优跟踪门[J]. *华东理工大学学报(自然科学版)*, 2017, 43(6): 844-848.
- [13] 颀斌, 杨扬, 王洁莹. 基于 MapReduce 改进蚁群算法的 Web 服务组合优化[J]. *微型机与应用*, 2016, 35(8): 61-64.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org