

基于人工智能的机械化施工道路方案优化应用研究

梁经龙

中国能源建设集团山西省电力勘测设计院有限公司

摘要: 机械化施工道路优化是工程施工中的关键问题之一,对于提高施工效率、降低成本和保证施工进度、施工安全具有重要意义。本文提出了一种基于N叉树递归优化的人工智能机械化施工临时道路建设方法。该方法分为三个步骤:首先,通过对施工现场进行分析、测量,依托现场高程、机械装备等施工条件,建立3D施工道路的N叉树模型,通过N叉树模型,将施工临时道路建设问题转化为一个树形结构问题,从而使优化算法更加高效。接着,采用遗传算法,对所有可实施施工方案进行优化,得到了最优的施工方案。最后,通过在临时道路设计、建设过程的实际应用,证明了该方法的有效性和可行性,为人工智能在机械化施工的发展过程中提供了新的思路和方法。

关键词: 人工智能;机械化施工临时道路规划;N叉树递归优化;遗传算法;GIS

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.08.086

引言

随着人工智能在数字电网建设进程的不断发展和推进,机械化施工技术得以快速发展并已成为当前电网基建工程施工的主要方式,然而,在机械化施工过程中,施工现场往往需要建立临时道路来保证施工进度和施工安全,此外,在施工现场建立临时道路还可以减少施工对周边环境的影响,由此,施工临时道路的建设越来越受到关注。然而,由于施工临时道路建设的周期短、工程量大、施工环境复杂等原因,它的规划和优化一直是一个难题。传统的施工临时道路规划方法主要是基于优化方法主要是基于经验和规则的[1]。这种方法往往不能够全面考虑到各种因素的影响,导致效率低下、精度低、成本高昂等问题,并且现有的道路路径规划算法并不适用于机械化临时施工道路,因为道路的形状和长度在施工过程中会发生变化。因此,研究如何利用人工智能的方法对施工临时道路进行优化,是一个具有重要意义的问题。

在临时施工道路优化领域,当前建设行业已提出了多种不同的优化方法。例如,有些研究采用了图论和网络流技术来解决施工路线规划问题,但是这种方法往往只能解决简单的问题。还有一些采用模拟退火等优化算法,但是这些方法往往需要大量的计算资源和时间,难以应用于实际的施工过程。临时道路的搭建同时还要结合现场的地形地貌、道路网络、施工工艺、车等多种因素,最大限度的减少不利于机械化施工的外在因素。近年来,人工智能和优化算法的快速发展为机械化临时道路规划提供了新的思路和方法,本文提出了一种基于人工智能的施工临时道路优化方法,采用N叉树和遗传算法相结合的方式优化。该方法具有结构简单、实现

方便、效率高等优点,在提高临时道路建设效率、质量方面具有显著的优势。

一、方法原理

(一) N叉树模型

N叉树是一种树形数据结构,其中每个节点可以有任意多个子节点。N叉树可以通过递归的方式进行遍历和操作,具有较高的灵活性和扩展性。N叉树的特点是结构灵活、处理方便、存储空间占用小等,在本文中,我们将使用N叉树模型来表示临时道路方案和施工可行性过程。

N叉树是一种特殊的树形结构,每个节点可以拥有多个子节点。在临时道路方案优化过程中,可以将道路的施工过程看作是一个N叉树结构,根节点表示整个道路的施工过程,每个子节点表示一个施工路径方案。通过构建N叉树结构,可以将临时道路的施工过程分解为多个子任务,采用递归方式处理,在施工过程中,对不同的施工路线进行评估和比较,从而选择最优的施工路线。同时,在施工过程中,通过N叉树递归优化来优化施工过程中的决策,从而提高施工效率。

(二) 施工道路方案的分层和分块

根据临时道路的路径方案、施工难度及工程备选机械化施工设备,我们将路径划分为若干层和块。每一层代表道路的高度,每一块代表道路的宽度。在施工过程中,我们先对道路进行分层和分块,然后从上到下、从左到右逐层施工,以确保施工的顺序和质量。

(三) 路径方案的分支和回溯

在施工过程中,可能会出现一些特殊情况,例如路径方案中间出现障碍物、道路需要分叉、路径方案坡度过陡,需要沿等高线进行路径方案选择等。针对这些情

况，我们可以使用N叉树的分支和回溯操作来解决。当子节点最优方案完成后，我们可以通过回溯操作返回到当前节点，继续一下节点的优化。

（四）遗传算法

遗传算法是一种模拟自然界进化过程的优化方法，它通过模拟自然界的进化过程，不断优化目标函数，得到最优解。在本文中，遗传算法可以通过不断交叉、变异和选择操作，优化递归调用的树形结构，使得程序的效率得到提高。

在N叉树递归调用中，递归调用的次数很大，常常会导致程序效率的下降。为了优化递归调用的次数，可以对递归调用的树形结构进行优化。具体来说，通过采用遗传算法的方法，对递归调用的树形结构进行优化。首先，将递归调用的树形结构表示成一个二进制串，然后使用遗传算法对这个二进制串进行优化，得到一个更加优化的树形结构。

二、方法实现

（一）机械化施工临时道路建模

施工临时道路的布置涉及多个因素，如施工现场的地形、交通状况、施工进度等，这些因素之间存在复杂的关系和约束。为了将这些因素整合起来，我们将施工临时道路的布置转化为一颗N叉树。

在N叉树中，每个节点代表一个施工任务，节点之间通过边相连，形成一个有向图。根节点代表施工临时道路的起点，叶节点代表施工临时道路的终点。每个节点包含以下信息：

（1）任务类型：包括道路施工、施工现场地理信息数据、备选机械化施工器械等。

（2）任务时间：表示该任务在施工进度中的起始时间和结束时间。

（3）任务成本：表示该任务在施工过程中的成本，包括人力成本、物资成本等。

（4）任务测量属性信息：目标塔位塔基地形图，塔基坡度、进场道路地形、沿线植被及塔位周边建（构）物分布情况。

（5）任务岩土属性信息：目标塔基各塔腿及塔基附近的地形地貌特征、地层分布、岩土性质；塔位处地下水的类型、埋藏条件、地下水位及其变化幅度。

在N叉树中，每个节点的子节点表示该节点的后续任务。例如，路径规划任务的后续任务可能是道路施工任务和交通运输任务。通过N叉树模型，可以将施工临时道路的布置问题转化为一个优化问题，即如何在保

证施工进度和成本的前提下，最小化对机械化施工的影响。



图1 三维GIS系统地理信息模型

（二）N叉树递归分析

N叉树递归算法的基本思路是递归遍历树的节点，对每个节点进行操作，并将子节点传递给递归函数^[8]。由于递归函数的调用次数较多。特别是在递归深度较大的情况下，递归函数的调用次数会呈指数级增长。为优化N叉树递归算法的时间复杂度，本文提出了一种基于循环的N叉树递归优化方法。该方法通过循环替代递归，减少递归函数的调用次数，从而降低算法的时间复杂度。

具体实现方法如下：

（1）定义一个栈，用于存储待遍历的节点模型。

（2）将根节点入栈。

（3）循环遍历栈中的节点，对每个节点进行操作，并将子节点入栈。

（4）直到栈为空，遍历结束。

该方法将递归函数转化为循环，减少了递归函数的调用次数，从而明显优化了算法的时间复杂度。同时，该方法还具有较好的可读性和可维护性。

（三）遗传算法优化临时道路

遗传算法是一种模拟自然界进化过程的优化算法，通过模拟自然选择、交叉和变异等过程，搜索优化问题的最优解^[2]。在施工临时道路优化中，遗传算法可以通过对N叉树进行编码，实现施工临时道路布置方案的优化。遗传算法的核心是适应度函数的设计。在施工临时道路优化中，适应度函数可以通过计算施工临时道路对施工复杂度的影响、施工环保要求、施工进度和成本等因素，得出施工临时道路路径方案的适应度值。

遗传算法的基本流程如下：

（1）初始化种群：随机生成一组初始路径方案，作为种群的初始状态。

（2）选择操作：根据适应度函数，选择出一部分适应度较高的个体，作为下一代种群的父代。

(3) 交叉操作：从父代中随机选择两个个体，进行交叉操作，生成两个新个体。

(4) 变异操作：对新个体进行变异操作，引入新的基因组合。

(5) 评估操作：根据适应度函数，对新方案进行评估，计算其路径方案、施工方案适应度值。

(6) 替换操作：根据适应度函数，选择出一部分适应度较低的方案，将其替换成新方案，生成下一代种群。通过交叉和变异(3)、(4)两个重要的操作。将两个优秀的解合并，产生一个更好的解；变异操作将引入新的基因，增加解的多样性。在案例中，我们采用随机交叉和随机变异的方式，来产生新的解，完善替换操作。



图2 机械化施工道路方案递归

为提高遗传算法的优化效果，采用人工智能的优化方法。具体地，利用神经网络技术对遗传算法进行优化。神经网络能够通过学习和优化来生成更优秀的解决方案，从而提高遗传算法的优化效果。在本文中，将神经网络作为遗传算法的适应度函数，根据神经网络的输出结果来评估个体的适应度，并选择适应度较高的机械化道路施工方案进行进化^[3]。通过不断迭代，直到达到预设的停止条件。在本文中，停止条件以到达塔基施工点最短航空路线或额定施工费用适应度值。

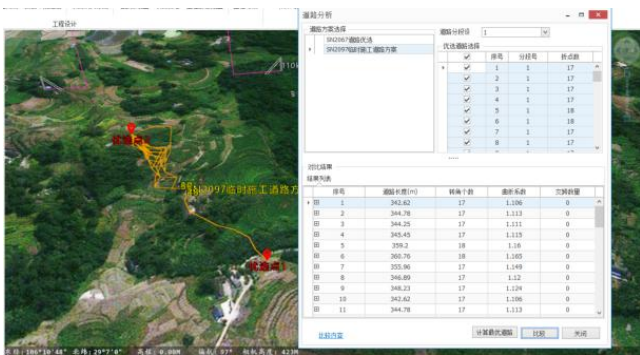


图3 路径方案对比优化分析

三、实例应用与结果分析

我们基于C#语言编写了本文提出的算法及系统功能模块，通过与GIS系统集成接口调用方式，并利用遗传算法数据库来实现遗传算法的优化过程，同时依托真实工程案例进行机械化临时施工道路方案优化实验。实验结果表明，应用该方法，可有效地优化临时施工道路的方案规划和管理，提高施工效率和质量，降低工程施工造价。具有很强的实用性和推广价值。另一方面，着眼当前数字化电网智能建造，以数字化设计为先行，采用创新设计方法，目标施工可实施性，立足机械装备应用，为后期全过程智能机械化施工创造先决条件。

参考文献

[1] 邵冬亮, 王龙. 电网工程全过程机械化施工技术应用[J]. 国网技术学院学报, 2016, 19(3): 5.

[2] 李敏强, 徐博艺, 寇纪淞. 遗传算法与神经网络的结合[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(2): 65-69.

[3] 金希东. 遗传算法及其应用[D]. 西南交通大学, 1996.

[4] 三维技术在输电线路全过程机械化施工中的应用研究[J]. 齐兴斌; 邹相国; 何川. 中国新通信, 2018(24)

[5] 输电线路全过程机械化施工评价分析及工程应用[J]. 邵冬亮; 王龙; 李志; 何春晖; 孙永鑫. 山东电力技术, 2018(11)

[6] 架空输电线路全过程机械化施工方案分析[J]. 胡昕. 低碳世界, 2018(07)

[7] 输电线路全过程机械化施工应用与设计研究[J]. 杨学军. 通讯世界, 2018(08)

[8] 随机N叉树形冲突分解算法研究[J]. 赵东风, 赵雪春. 云南大学学报(自然科学版), 2000(01)

[9] 孙平, 张萌. 基于遗传算法优化的BP神经网络城市道路延误预测研究[J]. 江苏科技信息, 2022, 39(05): 50-55.

作者简介: 梁经龙(1984-), 男, 汉, 山西省吕梁市孝义市, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向送电线路电气设计, 从事电力工程输变电工程设计、管理相关工作。