

基于改进粒子群的架空输电线路规划方法

郭星

国网山西省电力公司 山西 太原 030021

[摘要]主要采用人工选择法搜索区域可行输电线路,并未考虑地理环境因素带来的影响,使得最终规划的线路长度过长。因此,提出应用改进粒子群算法的架空输电线路规划方法。针对输电线路建设区域的地理信息进行分析,对复杂的区域地理信息进行整合和评价。设置最小地理信息综合成本、最小路径长度成本为目标,建立架空输电线路规划目标函数。运用引入分群寻优策略的改进粒子群算法,在考虑各种地理环境因素的基础上,搜索区域内最优输电线路。最后,通过删除多余转角点实现输电线路变形纠正,从而输出优化后的线路规划结果。应用分析表明:所提方法规划的架空输电线路总长度为143035m,属于最短的架空输电线路。

[关键词]改进粒子群算法; 架空输电线路; 路线规划; 地理信息; 搜索空间; 引导策略

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2020.04.082

引言

对于架空输电线路来说,通常情况下其具有输电距离远、建设环境复杂的特点^[1]。这种情况下,想要降低输电线路的建设成本,并提升架设线路的可靠性,就需要从路线设计环节入手^[2],在考虑地形地貌、自然气候等多种因素的基础上^[3],进行最优架空输电线路的规划。当前电力施工过程中,人们越来越重视对输电线路的设计,而最常用的线路规划方法,人工勘测规划方法,该方法规划的输电线路路径,存在不精确的问题,无法指导后续架空输电线路施工方案的设计。因此,设计一种有效的架空输电线路规划方法,是很多人关注的重点。

文中以降低输电线路建设成本为目标,结合研究区域地理环境因素带来的影响后,建立包含引导策略的线路规划目标函数。再通过改进粒子群算法进行迭代求解,得出最优输电线路路径。从应用验证结果可以看出,应用基于改进粒子群的方法,生成的规划路线总长度较短,达到了降低架空输电线路投资成本的目的。

1 应用改进粒子群算法设计架空输电线路规划方法

1.1 构建地理信息评价模型

考虑到架空输电线路建设环境较为复杂,文中在规划输电线路时,结合该区域的地理环境数据,对建设区域进行全面评估^[4]。由于一段完整的调控输电线路覆盖范围较大,为了保证线路规划结果具有合理性,不会在实际建设过程中受到外界因素干扰,影响施工进度。在地理信息评价阶段,充分了解该区域的地理特征,按照是否能跨越搭建架空输电线路,对线路覆盖区域进行划分。

输电线路规划过程中,对于不可跨越的地区直接采取躲避措施。而对可跨越地区进一步分析可以发现,地区跨越成本会随着地理环境特点而发生变化。为了降低最终规划路线的建设成本,在地理信息评价过程中,将所有可跨越地区转换为栅格区域,采用模糊层次分析法建立图1所示的层次模型,用以描述各种影响因素对跨越栅格成本值的影响。

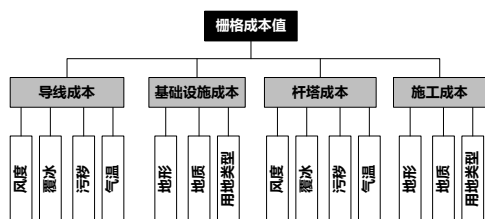


图1 地理信息层次模型

图1所示的地理信息层次模型中包含多种地理信息元素在每一项元素评估时,可以将栅格成本评分矩阵表示为:

$$\delta_{ij} = (x_{ij})_{n \times m} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

公式中, δ 表示栅格成本评分矩阵, i 表示栅格, j 表示地

理信息因素, x 表示评价得分, n 表示栅格总数量, m 表示地理信息元素总数量。

再针对所有影响因素进行两两对比分析,构建公式(2)所示的比较矩阵:

$$B = (b_{\alpha\beta})_{ss} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1s} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2s} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{s1} & b_{s2} & \cdots & b_{ss} \end{bmatrix} \quad (2)$$

公式中, B 表示比较矩阵, b 表示两个因素之间的影响程度, α 、 β 表示随机选择的两个目标层影响因素, s 表示影响因素总数量。

在模糊互补矩阵变换原理的作用下,对公式(2)所示的比较矩阵进行按行求和。再分析每一个影响因素的重要程度,确定元素权重和分层结构综合权重^[5]。基于综合权重、信息成本评价矩阵,可以得到地理信息评分向量计算结果,完成输电线路建设区域的地理信息评价结果。

1.2 定义架空输电线路规划目标函数

针对架空输电线路进行规划时,需要以最小地理信息综合成本和最小路径长度为目标,定义线路规划目标函数^[6]。首先,将输电线路地理信息综合成本计算公式表示为:

$$f_1 = \tau \times \sum_{u=1}^M \psi_u \quad (3)$$

公式中, f_1 表示输电线路地理信息综合成本, τ 表示地理信息成本因子, u 表示被跨越栅格, M 表示被跨越栅格总数量, ψ 表示综合成本评分。

规划线路的长度较长时,导线长度、杆塔数量等线路材料的使用量成本增长,使得架空输电线路的施工成本随之增长。实际运算过程中,架空输电线路的长度成本为:

$$f_2 = L \times \sum_{u=1}^M \sqrt{(a_{u+1} - a_u)^2 + (c_{u+1} - c_u)^2} \quad (4)$$

公式中, f_2 表示线路长度成本, L 表示长度成本因子, (a, c) 表示栅格坐标。

针对上述两项规划目标,提出合理的引导策略,用以保证线路规划结果的可靠性。将结合引导策略的规划目标函数表示为:

$$\begin{cases} F = \min(\bar{f}_1 + \bar{f}_2) \\ \bar{f}_1 = \sigma \times \tau \times \sum_{u=1}^M \psi_u \\ \bar{f}_2 = L \times \sum_{u=1}^M w_u \times \sqrt{(a_{u+1} - a_u)^2 + (c_{u+1} - c_u)^2} \end{cases} \quad (5)$$

公式中, F 表示规划目标函数, σ 、 w 表示引导策略因子, f_1 、 f_2 表示引导策略因子加入后,地理信息综合成本更新值、路径长度成本更新值。

1.3 设计基于改进粒子群算法的路径搜索方法

为了对上文建立的架空输电线路规划目标函数进行求解,生成最优输电线路规划方案,文中依托于粒子群搜索原理确定可行架空输电线路。以提升粒子种群全局搜索能力为目标,本文引入分群寻优策略,对传统的粒子群算法进行优化,形成以小种群分别寻优为核心的改进粒子群算法。在路径搜索过程中,先定义小种群搜索空间为:

$$P_o \in \left[\frac{(x_{d,max} - x_{d,min})}{v} \times (o-1), \frac{(x_{d,max} - x_{d,min})}{v} \times o \right] \quad (6)$$

公式中, o 表示小种群, v 表示小种群数量, P 表示小种群搜索空间, d 表示搜索空间维度, $(x_{d,max} - x_{d,min})$ 表示搜索区间。用小种群搜索原理,确保所有的小种群能找到一个符合要求的最优解,再汇总所有最优解,从中提取全局最优解。这种改进粒子群搜索模式下,粒子群的寻优离散度得到大幅提升,相对应的粒子搜索时表现出现的速度更新公式、位置更新公式也与常规粒子群算法有所差异。

$$v_{gh,d,k+1} = \varepsilon v_{gh,d,k} + \partial_1 e_1 (r_{gh,d,k} - \varphi_{gh,d,k}) + \partial_2 e_2 (h_{h,d,k} - \varphi_{gh,d,k}) \quad (7)$$

$$\varphi_{gh,d,k+1} = \begin{cases} \varphi_{gh,d,min}, \varphi_{gh,d,k+1} \leq \varphi_{gh,d,min} \\ \varphi_{gh,d,k} + v_{gh,d,k+1}, \varphi_{gh,d,min} \leq \varphi_{gh,d,k+1} \leq \varphi_{gh,d,max} \\ \varphi_{gh,d,max}, \varphi_{gh,d,k+1} \geq \varphi_{gh,d,max} \end{cases} \quad (8)$$

公式中, g 表示种群, h 表示粒子, k 表示迭代次数, v 表示粒子运行速度, ε 表示惯性权重, ∂_1 表示个体学习因子, ∂_2 表示群体学习因子, e_1 、 e_2 表示随机数, r 表示个体最优值, φ 表示粒子位置。

通过上述改进粒子群算法进行计算求解,可以得到满足规划目标的架空输电线路路径。

1.4 输出架空输电线路规划结果

对改进粒子群算法搜索得到的最优输电线路进行分析可以发现,线路内存在许多转角点,保证了输电线路平滑性的同时,也引起了路径变形问题。文中提出采用扩大邻域范围的方法,改变增加规划线路的可选方向,实现路径变形问题的有效抑制。

在扩展邻域模式应用后,还需要进行路径纠正处理,保证变形问题得到良好处理。是以样条曲线为基础,本文提出基于机选线路的路径纠正方法,考虑线路周边地物空间位置,在不改变线路基本形状的基础上,将多余的转角点直接删除,得到优化后的架空输电线路规划结果。

2 应用分析

本文研究的规划方法主要应用到架空输电线路建设项目中,为了确保该方法规划结果合理,应用该方法针对某研究区域进行架空输电线路规划。

2.1 研究区概况

应用分析选定的输电线路规划区域位于云南滇西北,研究区概况如图2所示。该线路属于500kV架空输电线路,其架设的主要目的是连接太安变电站和香建塘变电站。

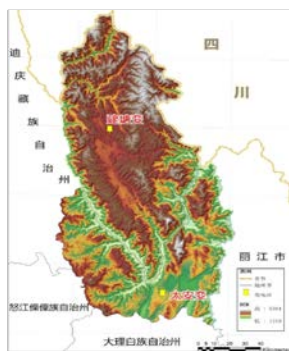


图2 研究区概况

从图2可以看出,太安变电站与建塘变电站之间跨度较大,且中间区域的地形环境复杂,整个线路架设区域内高山峡谷相间、盆地丘陵遍布,且该区域植被茂盛,这些因素使

得输电线路的构建难度较大。这种情况下,如何规划一条合理的架空输电线路,成为摆在项目建设人员面前的首要问题。应用所提方法进行路线规划之前,需要针对区域自然地理情况采集大量研究数据,并进行栅格数据矫正、数据空间位置检查等处理,为后续线路规划提供数据支持。

2.2 线路规划结果分析

根据线路规划要求,按照文中研究内容建立规划目标函数。改进粒子群算法求解最优输电线路路径时,将粒子群规模设置为60,学习因子、最大迭代次数分别取值为1.5、150次,并定义惯性权重的取值范围为[0.4, 0.8]。此外,定义地理环境和线路长度成本因子分别为40、55。通过粒子群求解和变形纠正处理,得到图3所示的架空输电线路规划结果。为了体现该规划结果的优越性,针对研究区域同时采用基于遗传算法的方法、基于强化学习的方法进行架空输电线路规划,同样将线路规划界面在图3中标注出来。

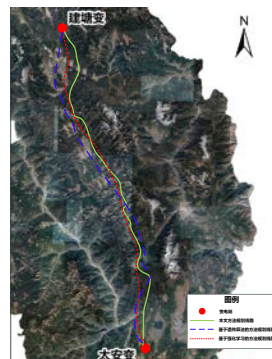


图3 不同方法规划的架空输电线路

如图3所示,在三种不同线路规划方法应用后,可以得到三种并不重合的输电线路规划方案,将文中方法规划规划结果表示为方案1,基于遗传算法的方法、基于强化学习的方法规划结果分别表示为方案2和方案3,获取不同输电线路规划方案的线路总长度,得到表1所示的对比结果。

表1 不同方法规划输电线路长度对比

输电线路规划方案	线路总长度 (m)
方案1	143035
方案2	148221
方案3	146455

根据表1可知,采用方案1显示的架空输电线路规划线路,总长度为143035m。而方案2和方案3标注的规划路线总长度分别为148221 m、146455m。综上所述,文中所提方法与其他两种方法相比,使得规划的输电线路总长度缩短了5186m和3420m。输电线路规划路径的缩短,使得线路建设成本可以降低,这验证了文中研究内容的有效性。

3 结束语

输电线路施工环境越来越复杂,导致线路规划难度不断增大,为了得到更加合理的线路规划结果。文中提出以改进粒子群算法为核心的规划方法,通过粒子搜索原理,确定区域最优输电线路。根据应用分析结果可知,该方法与传统方法相比,生成的规划路线总长度大幅缩短。

参考文献

[1] 余生. 架空输电线路规划设计与施工管理[J]. 机电信息, 2019 (20): 16-17.
 [2] 曹立志. 川西北高海拔山地架空线覆冰特性研究[J]. 电力勘测设计, 2019 (S1): 229-233.
 [3] 巫剑光. 基于奥维互动地图的架空输电线路选线设计[J]. 机电信息, 2017 (15): 128-129.
 [4] 王泓苏. 山区66kV架空输电线路设计规划[J]. 电子测试, 2016 (08): 167+165.
 [5] 吕昶. 110kV以下电力输电线路设计技术要点分析[J]. 科技风, 2019 (22): 184.
 [6] 程帅. 考虑输电线路运行可靠性的输电网规划研究[J]. 数字通信世界, 2019 (12): 282-283.

作者简介: 郭星(1981.08.25-), 男, 山西太原人, 工程硕士, 工程师, 研究方向: 电网工程项目管理。