

光伏电动公交充电站点选址研究

王云雷 郭航宇 吕浩毅 刘伟 邴元政*
西藏大学 工学院 西藏拉萨 850000

摘要: 针对城市内新增光伏电动公交充电站点选址优化问题, 建立了光伏电动公交充电站点选址优化模型。利用响应曲面法 (Response Surface Method, RSM) 改进遗传算法 (Genetic Algorithm, GA) 的相参数取值范围, 并将改进后的遗传算法用于光伏电动公交充电站点选址优化模型的求解中。利用地理信息系统 (ArcGIS) 对优化后的光伏电动公交充电站点进行仿真模拟。并以拉萨市城关区光伏电动公交充电站点的选址优化为实例研究, 实验结果验证了模型和改进遗传算法的正确性及有效性。

关键词: 遗传算法; 光伏电动公交充电站; 布局优化

Optimization Study of Photovoltaic Electric Bus Charging Station Site Selection

Yunlei Wang, Yuanzheng Bing, Hangyu Guo, Haoyi Lv, Wei Liu
Tibet University, Engineering College, Lhasa Tibet, 850000

Abstract: Addressing the optimization problem of siting new photovoltaic electric bus charging stations within urban areas, an optimization model for siting photovoltaic electric bus charging stations was established. The Response Surface Method (RSM) was used to enhance the Genetic Algorithm (GA) by expanding the parameter value range, and the improved GA was applied to solve the optimization model for siting photovoltaic electric bus charging stations. Geographical Information System (GIS) was employed to conduct simulation and emulation of the optimized photovoltaic electric bus charging station locations. Taking the optimization of photovoltaic electric bus charging station siting in the Chengguan district of Lhasa city as an example, the experimental results validate the correctness and effectiveness of both the model and the improved Genetic Algorithm.

Keywords: Genetic Algorithm; Photovoltaic Electric Bus Charging Station; Layout Optimization

引言:

光伏电动公交车充电站是一种创新的能源解决方案, 是可持续城市发展的重要组成部分。通过科学合理的选址, 可以最大程度地发挥光伏电动公交系统的优势, 推动城市的绿色转型。在光伏电动公交充电站点的选址方面, 李军等人分析了站点大小、电动公交运行速度之间的相互影响^[1]。龙虹毓等人将地形的影响纳入考虑, 提出了站点布局的数学模型^[2]。靳文舟等人采用CA (Cellular Automata) 模型建立混合交通流模型, 根据交通模拟器的模拟确定最佳的站点^[3]。郭戈等人利用动态

实时数据代替统计数据进行优化布局^[4]。也有研究人员考虑了时间成本和距离因素的影响, 张毅等人研究了乘客总出行时间成本对于选址可行性的影响^[5]。柳祖鹏等人提出了基于时间距离轨迹的站点布设优化方法^[6]。何保红等人则研究了多时空约束下的城市结构动态可达性问题^[7]。在求解所构建的模型方面, 由于遗传算法具有高效、多路径寻优等特点, 能够较快的求解出线性规划模型的最优解。但遗传参数的选择具有主观性, 所选参数不够精确, 较难利用遗传算法求解出模型的最优解。

本研究利用响应曲面法对遗传算法中的参数: 变异概率 (PMT)、交叉概率 (PX) 和种群规模 (PPS) 进行改进研究, 并将改进后的遗传算法运用于公交站点优化研究中。

项目: 西藏大学研究生高水平人才培养计划项目; 项目编号: 2021-GSP-S143

一、模型与算法

模型构建

(1) 光伏电动公交充电站数量预测

光伏电动公交充电站位置的合理分布有利于电动车的高效运行,进行站点选址研究时,要同时考虑到研究区域已有的充电站数量和基础公共设施分布。本文根据全国各省会城市的公交站点数量与人口数量这两个因素,推算出新增光伏电动公交充电站数量。

(2) 光伏电动公交站点选址模型

从电动公交充电便利性角度出发,根据电动公交出行到达光伏公交充电站的时间及距离建立模型如下:

$$y = \sum_{i \in N} \sum_{j \in M} t_{ij} d_{ij} C_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{j \in M_i} C_{ij} = 1, i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j \in M_i} b_j = H \quad (3)$$

$$C_{ij} \leq b_j, i \in N, j \in M_i \quad (4)$$

$$C_{ij}, b_j \in \{0,1\}, i \in N, j \in M_i \quad (5)$$

式中: t_{ij} 为电动公交车从充电需求点 i 到达光伏电动公交充电站 j 的时间, d_{ij} 表示电动公交从充电需求点 i 到光伏电动公交充电站 j 的距离, b_j 是 0-1 的整数变量, $b_j=0$ 时表示第 j 个光伏公交充电站没被选为出发站点, $b_j=1$ 时表示第 j 个光伏电动公交充电站被选为出发站点, 公式 2 表示从充电需求点出发后只能选择一个光伏公交充电站为目的点, 公式 3 则表示光伏电动公交充电站的数量为 H 。

二、案例分析

1. 数据采集

本研究选取西藏自治区拉萨市城关区为研究区域,以居民小区、医院、学校、大型商超的公交站点为电动公交充电需求点,利用 POI (Point of Interest) 数据^[8]对城关区内 458 条电动公交充电需求点的坐标数据进行汇总。

2. 遗传参数确定

(1) 遗传参数改进设计及模型拟合

以遗传算法参数: 变异概率 (PMT)、交叉概率 (PX) 和初始种群数 (PPS) 为自变量, 影响水平如表 1 所示:

表 1 影响因子设计水平

影响因子	影响水平	
	L	H
A (PMT)	0.1	0.5
B (PX)	0.4	0.8
C (PPS)	50	350

本研究共进行 17 次实验, 通过 Design Expert 8.0 软件对实验产生的结果进行分析。得到的参数二次回归方程如公式 (6) 所示, 可以看出 B、C 单因子对函数值的降低有促进作用, A 因子以及 AB/AC/BC 对函数值的降低起抑制作用。

$$Y = 28.38921 + 1.22617x_1 - 5.154x_2 - 0.01046x_3 + 5.73937x_1x_2 + 0.001822x_1x_3 + 0.004135x_2x_3 - 10.19344x_1^2 + 2.44156x_2^2 + 0.000013x_3^2 \quad (6)$$

(2) 模型检验及响应曲面图分析

遗传参数回归模型相关性分析如表 2 所示, 结果表明此模型具有良好的拟合度, 信噪比 (Adeq precision) 值为有效信号与噪声的比值, 当其大于 4 时较为理想。本模型的信噪比为 36.204, 表明该遗传参数回归模型较为理想。各影响因子对函数值影响的 3D 响应面如图 1 所示。通过软件分析, 系统给出的参数优化组合: PMT 为 0.5, PX 为 0.4, PPS 为 310。

表 2 回归模型相关性分析

Category	Value	Category	Value
Standard Deviation	0.0582	R ²	0.9913
Mean	25.67	R _{adj} ²	0.9802
Adeq Precision	36.204	Pred R ²	0.8615

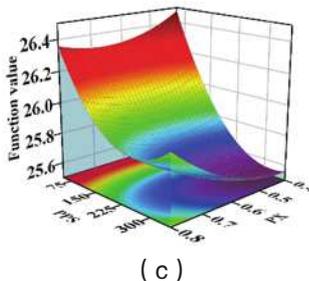
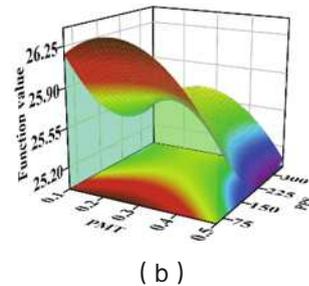
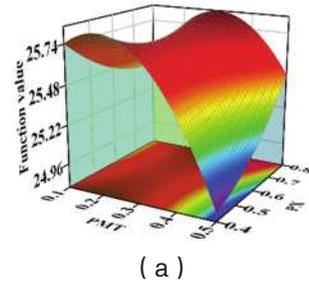


图 1 影响因子相互交互的响应曲面及等高线图

3. 算例模型求解

本研究搜集了全国各个省会城市的人口数据和公交站点数据, 其中 x 代表人口数量, y 代表站点数量, 拟合出人口数量与公交站点的函数曲线如公式7所示:

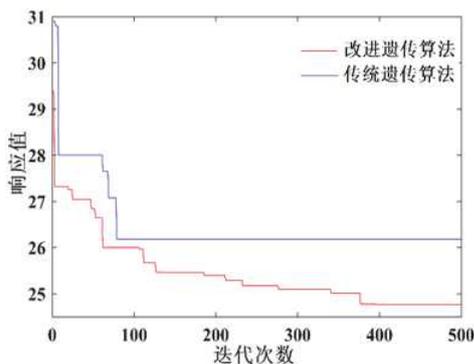
$$y = 5.1(1+x)^{-1.14} \quad (7)$$

利用拟合出的函数计算并分析后推算得出需新增光伏电动公交充电站点数量为10个。利用Matlab2016a软件编写遗传算法程序并求解, 得到新增布局点坐标如表3所示, 布局图如图2(b)所示。

表3 新增光伏电动公交充电站点坐标

序号	经度	纬度
1	91.1326939	29.65201261
2	91.1784073	29.64742982
3	91.0497439	29.63905768
4	91.0694539	29.65216633
5	91.1124312	29.64559055
6	91.1045507	29.66235974
7	91.1542863	29.66251051
8	91.1325153	29.66970141
9	91.1266087	29.68433602
10	91.2234455	29.64513323

4. 算例结果分析



(a)



(b)

图2 算法对比及最优光伏电动公交充电站点布局

改进后的遗传算法和标准遗传算法的收敛曲线图如图2(a)所示, 由图2(a)可知, 改进的遗传算法在380多次迭代后就收敛得到了最优解, 且最优解明显优于传统的遗传算法。对比结果表明, 改进的遗传算法不仅具有标准遗传算法全局搜索的特点, 还具有较强的局部搜索能力, 能够较好地搜索到最优解。

三、结论

针对新增光伏电动公交充电站点的选址优化问题, 本研究建立了城市内新增光伏电动公交充电站点的布局优化模型, 使用基于响应曲面法改进的遗传算法对模型进行求解。以拉萨市城关区为例对构建的优化模型及改进的遗传算法进行可行性分析。结果表明, 本研究所构建的光伏电动公交充电站点布局优化模型能够得到较为理想的光伏电动公交充电站点, 所提出的改进遗传算法有较好的寻优能力和收敛性, 能够满足新增的光伏电动公交充电站点优化的应用需求。

参考文献:

- [1]李军, 唐晓宇, 赵长相. 基于充电策略的纯电动汽车调度优化[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2015, 34(4): 107.
- [2]龙虹毓, 周游, 陈芳幸, 等. 基于山地城市电动汽车负荷特性的充电设施规划[J]. 现代电力, 2021, 38: 1-9.
- [3]靳文舟, 张杰, 郑英力. 基于细胞自动机理论的交通流模拟模型[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2001, 29(8): 93-96.
- [4]郭戈, 徐涛, 韩英华, 等. 电动汽车时代的电网-交通网协同优化综述[J]. 控制与决策, 2021, 36(9): 2049-2062.
- [5]张毅, 朱攀. 电动出租车专用充电场站选址模型研究[J]. 地球信息科学学报, 2021, 23(5): 802-811.
- [6]柳祖鹏, 李克平, 何雅琴, 等. 基于时间距离轨迹的公交站点布设优化[J]. 公路交通科技, 2019, 36(6): 103-111.
- [7]何保红, 陈丽昌, 高良鹏, 等. 公交站点可达性测度及其在停车分区中的应用[J]. 人文地理, 2015, 30(3): 97-102.
- [8]青果, 胡金龙, 艾焯, 等. 基于空间句法和POI数据的综合性公园可达性研究——以成都市中心城区为例[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 2023, 41(2): 201-212.