

多种算法下的土壤普查路径规划策略

郭冰冰¹ 陈明龙^{2*} 李嘉娜¹ 赵蕾涵¹

1. 山西中医药大学 健康服务与管理学院 山西晋中 140700

2. 湖北工程学院 计算机与信息科学学院 湖北孝感 432000

摘要: 土壤普查是确保国家粮食安全的基础工作之一。全面掌握我国土壤资源状况,是因地制宜遵循规律,更是推进以科技和改革双轮驱动的农业领域新质生产力的新要求。摸清土壤质量家底,准确掌握土壤资源情况,这对保障粮食生产和守牢耕地红线至关重要。在当前土壤普查调研中,面临着采样点数量多、分布广、采样路程错综复杂等多重严峻挑战,传统的采样路径因效率低下而难以满足实际应用的需求。在资源与时间受限的条件下,为能解决执行土壤普查工作中遇到的各种问题。本文通过研究图论和多目标线性规划理论,依托贪心算法的良好特性,构建数学模型以解决路径规划问题。

关键词: 土地普查;最近邻算法;贪心算法;旅行商问题(TSP)

1 引言

土壤作为农业生产的基础资源,其质量与分布状况直接关系到农作物的生长状况和产量。随着现代农业的发展和对土地资源可持续利用要求的提高,土壤普查成为了一项至关重要的基础工作^[1]。土壤普查不仅有助于了解土壤资源的现状,还为科学施肥、合理种植、环境保护等提供了重要的数据支持。然而,土壤普查工作往往面临着区域广阔、环境复杂、数据量大等挑战,如何高效、准确地进行土壤普查规划成为了亟待解决的问题。

在解决复杂优化问题时,算法的选择与应用显得尤为重要。贪婪算法(Greedy Algorithm)作为一种启发式搜索算法,以其直观、简单、高效的特性在众多领域得到了广泛应用。贪婪算法的核心思想是在每一步选择中都采取当前状态下的最优选择,以期通过局部最优解来逼近全局最优解。虽然贪婪算法不能保证总是找到全局最优解,但其在许多实际问题中表现出了良好的性能和实用价值。在土壤普查规划中,贪婪算法可以用于优化普查路线、精确选择采样点、合理配置资源等方面,从而提高普查效率和准确性。与此同时,最近邻算法(Nearest Neighbor Algorithm)作为一种基于空间邻近性的数据分析和决策方法,也在土壤普查中展现出了其独特的优势。最近邻算法通过计算目标点与已知采样点之间的距离,找出与目标点最近的已知采样点,并根据该采样点的属性来推测目标点的属性。在土壤普查规划中,最近邻算法可以用于预测未知区域的土壤特性、辅助采样点选择等方

面,为普查工作提供有力的支持。

因此,本文旨在探讨贪婪算法和最近邻算法在土壤普查规划中的应用,并将进一步研究如何将这两种算法有效地应用于土壤普查规划中,以提高普查工作的效率、准确性和科学性。通过本文的研究,期望能够为土壤普查规划提供一种新的思路和方法,为现代农业的可持续发展提供有力的支持。

2 问题提出与分析

现某地区成立的土壤普查办公室,无法在有限的时间与资源条件下合理规划并高效完成多个地点的土壤采样工作。假设该办公室的土壤普查组在所有的222个普查点位之间按照直线通行,直线通行速度为20千米/小时。现随机给出8个点位的采样,工作组需要找出最优路径(采样点的顺序),并计算出完成当天工作的最短的时间。同时并将所有点位按“八点一组”进行划分并按照划分方案,求出划分方案中的所有最优路径及相应的工作时间,并对所有最优路径的工作取相应的时间极大值。若存在工作组某一天的时间极大值超过8.5小时或存在工作时间不均衡的现象,则取消每天8个点位数的限制,并在工作时限内给出均衡化的方案。最后根据点位最短路径顺序采用专车通行并返回起点,计算出完成当天工作最短的时间。

针对所提到的问题,现结合实际情况分析问题,并提出对应的模型选择以及解决方案。首先,根据随机给出点位的经纬度信息确定各个点位之间的直线距离。为解决图与网

络模型中的旅行商问题 (TSP) [7], 根据直线距离数据计算距离矩阵, 由最近邻算法求解比较容易得出最优路径顺序。然后利用就近原则, 计算任一点位到其他所有点位的直线距离, 选择距离最近的 8 个点位进行分组, 得出分组方案, 再使用贪心算法计算最优路径, 并计算时间极大值。如果总时间不超过 8.5h, 最终得出符合要求的数据, 并由此推演得出均衡化的方案。最后, 根据高德地图 APL 提供的地图服务, 获取各点位间距离与相应行车时间并得出返回到起点的总时间。

3 模型的建立与求解

3.1 数据处理

首先将每个点位进行二维平面投影, 得出每个点投影后的二维横纵坐标, 再通过借助欧几里得距离函数计算出在多维空间中两点之间的最短距离。具体公式为:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

其中 x_i 表示其中某个城市的经度投影坐标, y_i 表示另一城市的纬度投影坐标。由此将经纬度 [3] 转化为直线距离。本文首先对点位的经纬度进行投影分析, 计算得到直线距离, 然后根据通行速度计算通行时间, 下表为部分数据的直观体现。

表 1 部分点位距离表

点位序号	下一个点位序号	直线距离 (千米)	通行时间 (小时)
31.00	44.00	184.16	9.21
44.00	61.00	23.61	1.18
61.00	83.00	85.33	4.27
83.00	100.00	77.97	3.90
100.00	115.00	63.05	3.15
115.00	147.00	63.59	3.18
147.00	158.00	121.02	6.05

3.2 基于最近邻算法模型的建立与求解

在土壤普查的过程中, 基于最近邻算法 [2], 以最短路径为目标, 旨在在给定点集上寻找近似最优路径。具体步骤如下:

①初始化: 设点集为 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 顶点列表 $L = \emptyset$, 路径列表 $P = \emptyset$ 。

②选择起始点: 随机选择一个点 $v_s \in V$ 作为起始点, 并将其加入到顶点列表 L 中。

③遍历过程: 对于每个已访问的点 v_i , 从其未访问的邻居中找到距离最近的点 v_j , 将点 v_j 加入路径列表 P 中并标记点 v_j 为已访问。

④输出结果: 重复遍历过程, 直到所有点都被访问, 路

径列表 P 则为近似最优路径。

通过计算点之间的距离矩阵、使用最近邻算法寻找近似最优路径以及计算最优路径的总时间解决了土壤普查采样点稀少且分散的问题。首先本文计算了给定点位之间的距离矩阵, 然后通过最近邻算法寻找近似最优路径, 即从一个起始点开始, 依次选择最近的未访问过的点作为下一个访问点, 直到所有的点都访问过为止。在这个过程中会记录路径上相邻两点之间的距离, 最后通过计算最优路径上相邻两点之间的距离, 并根据每个点的工作时间计算出整条路径的总时间。通过计算, 工作组得出随机组的 8 个点位的最优路径为 [44、158、83、147、100、115、31、61], 路径最优规划图如图 1 所示, 总工作时间为 6.80 小时。

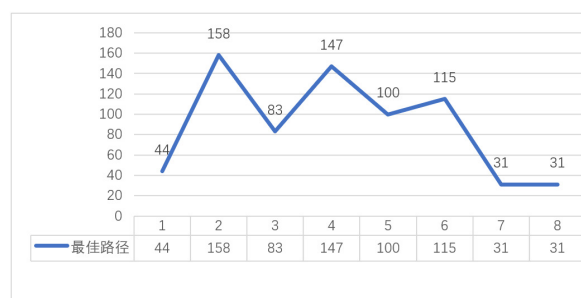


图 1 最优路径规划图

3.3 基于贪心算法的模型建立与求解

在土壤普查的过程中, 基于贪心算法 [5] 进行分组方案的划分, 旨在在给定的点集上寻找最优路径, 具体步骤如下:

设点集为 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, 起始点为 v_1 , 每个点 v_1 到下一个点 v_j 的距离为 $d(v_i, v_j)$, 工作时间为 $t(v_i)$ 。选择 v_1 作为起始点, 设 $path = [v_1]$, 总时间 $T_0 = 0$, 总距离 $D_0 = 0$ 。对于每个点 v_i (从 v_1 到 v_n), 执行以下步骤:

①找到当前点 v_i 到所有未访问点的最近距离, 即 $\min_{v_j \in V \setminus \{v_i\}} d(v_i, v_j)$ 。

②将该最近点 v_j 加入路径中, 更新总时间和总距离: $T = T_{j-1} + t(v_i, v_j)$, $D = D_{j-1} + d(v_i, v_j)$ 。

③输出最终的路径 $path$ 和总时间 T 、总距离 D 。

在实验过程中通过 load_data 函数读取 Excel 文件中的数据, 并进行预处理。数据中包含了各个点位的经纬度信息和完成工作所需时间。通过使用 calculate_distance 函数计算两点之间的欧几里得距离, 以便在贪心算法中评估点与点之间的距离。然后通过 find_optimal_path 函数实现贪心算法, 从给定的点集中找到最优路径。该算法会遍历所有点位, 并在

回整个旅行路线。

本文定义了一组地理位置点及其经纬度信息,并使用高德地图 API 获取了这些点之间的行车时间。然后,通过贪心算法实现了一个函数来计算近似最短路径,最终,输出了计算得到的最优路径和总行车时间。通过计算,工作组这一天的最优路径为 [31, 44, 61, 83, 115, 100, 158, 147, 31], 完成当天工作最短的时间为 10.7 小时。

4. 结束语

在进行土壤普查时,通过综合运用现代技术、数学模型和算法,以及充分利用现有数据和资源,可以有效地解决如何在有限的时间和资源条件下高效完成大量采样工作的这一问题^[9]。例如,通过最近邻算法和贪心算法来优化路径,可以提高采样效率。同时利用已有专题图数据,可以进一步提高数据处理的效率和准确性。因此,结合现代科技手段和科学的方法,可以在资源有限的情况下,高效完成土壤普查任务。同时,可将土壤普查中点位的经纬度修改为坐标或其他位置参数可将此模型广泛运用于智能最短路径的规划,灵活实践于如航空工程、物流配送、旅游规划、电路布线、生产调度等各个领域,从而大大提高效率,减少资源的浪费。

参考文献:

[1] 张伟,李强,王磊. 基于贪心算法与遗传算法的农田路径规划优化 [J]. 农业机械学报, 2022, 53(5): 45-52.

[2] Chen, Y., & Wang, L. Optimal Path Planning for Soil Sampling Using Nearest Neighbor and Simulated Annealing[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2023, 194: 106742.

[3] Smith, J., & Johnson, R. Solving the Traveling Salesman Problem for Agricultural Field Coverage[J]. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 2021, 18(3): 1123-1135.

[4] 刘洋,陈明,吴昊. 基于改进蚁群算法的土壤普查机器人路径规划 [J]. 机器人, 2023, 45(2): 189-198.

[5] Garcia, M., & Lopez, P. A Hybrid Greedy-Genetic Algorithm for Efficient Soil Sampling Path Optimization[J]. Precision Agriculture, 2024, 25(1): 78-92.

[6] Zhao, X., & Li, H. Nearest-Neighbor Heuristic for Autonomous Soil Surveying in Large Fields[J]. Autonomous Robots, 2022, 46(4): 567-580.

[7] 王磊,张伟,李强. 基于旅行商问题(TSP)的农田土壤采样路径优化 [J]. 农业工程学报, 2023, 39(10): 1-10.

[8] Anderson, K., & White, R. Dynamic Path Planning for Soil Moisture Mapping Using UAVs[J]. Remote Sensing, 2021, 13(15): 2985.

[9] 李明,赵峰,孙华. 多目标优化的土壤普查路径规划方法 [J]. 自动化学报, 2024, 50(2): 321-330.