

基于粒子群算法解决路径规划问题

冯子骞 邵明航 孙宇琛 赵新宇 符淳亮

2023-12-29

1 绪论

1.1 背景及意义

路径规划问题的重要性在于其在理论和实际应用方面的广泛影响。作为计算数学和运筹学的经典问题，路径规划问题对于发展和测试优化算法具有重要意义。它在现实世界中的应用，如物流规划、路径优化和网络设计，对于提高效率和降低成本具有重大影响。路径规划问题的解决方案不仅推动了算法研究的发展，也为处理复杂的实际问题提供了重要的理论基础。

路径规划问题在实际应用中的重要性体现于多个领域。例如，在物流和配送服务中，路径规划问题用于优化货物配送路线，以减少旅行时间和成本。在制造业中，路径规划问题可用于优化机器人臂的运动路径，以提高生产效率。此外，在网络设计领域，路径规划问题有助于优化数据的传输路径，降低延迟和成本。总的来说，路径规划问题在解决实际问题中提供了有效的优化工具，对于提高运营效率和降低成本有着重要的贡献。

1.2 路径规划问题

1.2.1 路径规划问题解决方法

在解决路径规划问题方面，已有多种方法被提出和研究。这些方法主要包括确切算法，如分支定界法和动态规划法，它们在小规模问题上能够找到精确解。此外，启发式算法如贪婪算法、最近邻算法，以及元启发式算法，如遗传算法^[1]、蚁群算法^{[2] [3]}和模拟退火算法^[4]，在解决大规模路

径规划问题时表现出色，尽管它们通常只能提供近似解。这些方法在不同应用背景下根据问题规模和要求精度等因素被选择和应用。

在提到的这些解决方法中，各算法均存在一定的缺陷。确切算法如分支定界法^[5]和动态规划法^[6]，虽能得到精确解，但在大规模问题上计算复杂度极高，难以实用。启发式算法如贪婪算法和最近邻算法在某些情况下可能无法找到最优解，且易受初始条件影响。元启发式算法，如遗传算法、蚁群算法和模拟退火算法，尽管在大规模问题上表现较好，但它们的性能依赖于参数设置和具体实现，且通常只能提供近似解，无法保证总是找到全局最优解。

1.2.2 解决路径规划问题的难点

解决路径规划问题的主要难点包括其NP-hard性质，即在多项式时间内无法找到确定的最优解^[7]。此外，问题规模的增加导致解空间呈指数级增长，使得计算复杂度显著提高。实际应用中，如何平衡算法的计算效率与解的准确度也是一个挑战。此外，我们也针对特定应用场景的增加约束条件从而增加了问题的复杂性，使得寻找有效的通用解决方案更加困难。

2 问题表述

2.1 问题文字描述

路径规划问题是一个经典的组合优化问题，定义为：给定一组城市及任意两城市间的距离，寻找一条最短的路径，使得每个城市恰好被访问一次，并且路径结束于起始城市^[8]。数学上，此问题可以表示为一个图 $\mathcal{G} = (C, D)$ 其中 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 是城市的集合， $D = [d_{ij}]$ 是一个 $n \times n$ 的距离矩阵，其中 d_{ij} 代表城市 i 和城市 j 之间的距离。

2.2 数学模型

定义一个完全图 $\mathcal{G} = (C, D)$ 其中 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 是城市的集合， $D = [d_{ij}]$ 是一个 $n \times n$ 的距离矩阵，其中 d_{ij} 代表城市 i 和城市 j 之间的距离。目标是找到一个顶点序列，即一条路径，它恰好访问图中的每个顶点一次，并且回到起始顶点，使得这条路径的总权重最小，也就是总距离最小。这

可以表示为一个最小化问题，其中要最小化的目标函数是路径上所有边的权重之和。

3 研究方法

传统多目标求解方法有约束法、功效系数法等，这些方法的问题处理思想是将多目标转化为单个目标进行问题优化，虽然利于理解，但无法平衡多个目标关系，且计算复杂^[9]。针对已有方法的不足，本文提出采用粒子群算法（PSO）方法来解决旅行商问题。

4 总结

路径规划问题因其在理论和实际应用中的广泛影响而具有重要性，特别是在物流和网络设计领域。已有方法如确切算法和启发式算法各有优缺点，如计算复杂度高或无法保证找到最优解。鉴于这些不足，本文提出使用粒子群优化（PSO）算法解决TSP。实验结果表明，PSO算法在解决TSP时具有较高的效率和可靠性。未来我们的工作着重于优化PSO算法的参数设置和适应不同规模问题的能力，以及融合其他优化策略以提高解的质量，从而进一步改善PSO算法。

参考文献

- [1] 张立毅, 高杨, 费腾, 等. 求解旅行商问题的搜寻者遗传算法[J]. 数学的实践与认识, 2019, 7.
- [2] 冯志雨, 游晓明, 刘升. 分层递进的改进聚类蚁群算法解决 TSP 问题[J]. 计算机科学与探索, 2019, 13(8): 1280.
- [3] 赵鑫, 杨雄飞, 钱育蓉. 改进的蚁群优化算法求解旅行商问题[J]. 计算机工程与设计, 2022, 43(4): 962-968.
- [4] 何锦福, 符强, 王豪东. 求解 TSP 问题的改进模拟退火算法[J]. 计算机时代, 2019, 7: 47-50.
- [5] 张永红, 汪春峰, 刘丽霞. 求线性多乘积规划问题的分支定界算法[J]. 应用数学, 2018, 31(3): 533-542.

- [6] 李小莲. 动态规划法的应用分析[J]. 计算机时代, 2019, 6.
- [7] 屈立成, 吕娇, 赵明, 等. 基于三维时空地图和运动分解的多机器人路径规划算法[J]. 计算机应用, 2020, 40(12): 3499.
- [8] 章春芳. 自适应的并行蚁群算法及其应用[D]. 扬州大学, 2006.
- [9] 卢辉, 王红卫, 李锋, 等. 考虑供应不确定性与需求非平稳性的项目调度与材料供应集成优化[J]. 系统工程理论与实践, 2019, 39(3): 647-658.