

2025第三届中国智能交通创新挑战赛

赛题解读：城市低空物流空地协同配送优化

背景介绍

近年来，物流业务需求不断增长，末端配送成本日益增加，传统物流行业面临着巨大运营压力，城市末端配送问题层出不穷，物流配送“最后一公里”已成为制约我国物流产业效率提升的瓶颈问题。以车辆配送为主体的传统物流运输方式受城市路网约束强、灵活性差，已不适用于未来物流系统日益增长的智能化、自动化需求。

随着我国低空空域开放持续推进，无人机及通航飞行器的运行呈井喷式增长，在物流运输服务中已发挥重要作用。以无人机-车辆为主体的空地协同配送兼具服务成本更低、服务范围更大、配送时间更短的优点，可以极大的提升物流系统的配送效率，已经成为未来城市低空物流运输的新趋势。然而，空地协同配送任务非常复杂，它涉及车辆-无人机协同路径、多无人机/多车辆竞争合作等相互耦合的众多因素。这使得空地协同配送路径优化成为目前业界公认的难题。

本赛题旨在吸引国内外相关领域的研究人员，创新设计空地协同配送路径优化方法，通过配送方案评估与性能比较，汇聚行业内外创新资源，为空地协同配送路径优化提供新的解决方案，推动相关技术实际应用落地。

问题描述

空地协同物流配送系统通过无人机与车辆的协同作业完成配送任务。具体而言，系统以仓库为枢纽，车辆及其所搭载无人机均可顾客提供配送服务，无人机从对应卡车起飞后服务顾客，最终返回车辆充电及补充货物，无人机可多次起飞，直到为所有顾客完成服务。

本次赛题要求参赛者为不同规模、分布的配送需求实例设计空地协同配送方案。给定配送需求位置，以最小化配送时间成本为目标，无人机容量、无人机飞行距离、顾客访问限制、车机同步、车辆数量限制等为约束，规划一条无人机-车辆协同配送路径。

赛题解析

参赛选手需针对空地协同配送问题，根据现实场景中无人机飞行距离受限、车辆受路网制约的特点，建立城市场景下的无人机-车辆配送模型，准确描述现实空地协同问题；自行设计优化算法求解最优配送方案，提高物流配送的效率、控制配送成本。

配送方案应满足以下约束：

1. 车辆数量约束：车辆、无人机数量有限，车辆仅能从仓库出发一次，无人机可多次从车辆起飞并返回相同车辆；
2. 无人机飞行距离约束：允许无人机一次起飞后访问多个顾客，需在电量耗尽前返回车辆；
3. 无人机容量约束：无人机空载/容量不足时，所访问的顾客被认为服务未完成；
4. 顾客访问约束：全部顾客均应被服务一次；
5. 车机同步约束：无人机仅可在顾客位置（汇合点）完成车上起降，车机需在汇合点相互等待；
6. 无人机路径应根据欧几里得距离计算，车辆路径则根据曼哈顿距离计算。

作品要求

参赛者应将10份规划结果分别命名为“InstanceX.txt”（X为实例索引， $X \in [1, 10]$ ），压缩至“队伍名.zip”文件后上传至赛方平台。

每个实例“InstanceX”包含m个车辆，每个车辆搭载n架无人机，N个节点，包含仓库节点“0”，顾客节点 $i \in [1, N]$ 。

每个规划结果文件中，应按照车辆顺序，分别列举车辆路线、每辆卡车所搭载无人机路线，其中：

- 车辆路线：车辆从仓库出发，服务顾客，最终返回仓库，每个车辆仅能从仓库出发一次；
- 无人机路线：无人机从对应车辆多次起飞，服务顾客，返回车辆；
- 提交格式示例如下：

```
truck_route = [[0, 8, 4, 19, 15, 0], [0, 21, ..., 0], ...]  
drone_routes1 = [[0, 9, 7, 2, 12, 2], [2, 16, 6, 4]]  
drone_routes2 = [[0, 1, 18, 11, 1], [1, 14, 10, 17, 13, 2], [2, 5, 3, 4]]  
...  
drone_routesm * n = [[...], ..., [...]]
```

其中，“truck_route”记录全部可用车辆路径（共m条），车辆t的路径 r_t 记录为 $[0, \dots, i, \dots, 0]$ ，i为顾客节点编号， $i \in [1, N]$ ；“drone_routesD”为第D架无人机的编号， $D \in [1, m \times n]$ ，按照对应车辆顺序记录每架无人机的飞行路线，无人机X的飞行路线包括其多次起飞降落的路线 $[st, \dots, i, \dots, ed]$ ，st、ed分别对应无人机起降节点在对应的车辆路径 $r_{D/n}$ 中的索引，i为顾客节点编号， $i \in [1, N]$ 。

以1个车辆，2架无人机，20个节点的规划路线为例，本文档给出路线示意图及对应规划结果示例：

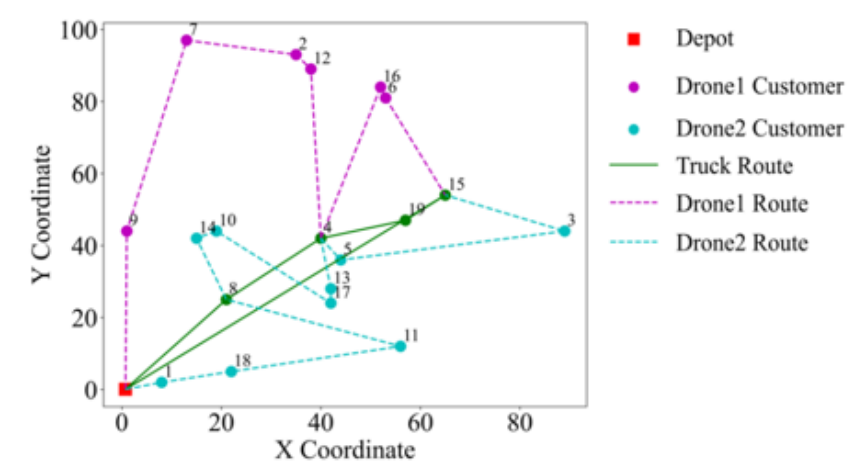


图1 1个车辆，2架无人机，20个节点实例规划路线示意图

图1所示路线的标准提交格式为：

```
truck_route = [[0, 8, 4, 19, 15, 0]]
drone_routes1 = [[0, 9, 7, 2, 12, 2],[2, 16, 6, 4]]
drone_routes2 = [[0, 1, 18, 11, 1],[1, 14, 10, 17, 13, 2],[2, 5, 3, 4]]
```

评分准则

在城市低空物流空地协同配送挑战赛中，参赛者的成绩将根据以下评分准则进行综合评价。初赛根据配送方案评估得分筛选部分队伍进入决赛，最终决赛成绩将由配送方案评估和专家评审两部分组成，其中配送方案评估得分占60%，专家评审占40%。

1.配送方案评估（60%）

初赛采取滚动成绩：在竞赛周期内，各参赛组每日可提交一次配送方案成果，系统以时间成本最小化为核心目标函数进行排名计算。目标函数涵盖地面车辆行驶耗时、无人机飞行耗时及车机协同等待时间，并对不可行方案设置惩罚系数。所有提交方案中，当日的历史最优结果自动确认为该队伍的最终有效成绩，其他提交仅作为过程数据存档。排名更新机制采用定时触发模式，每日定时刷新榜单，支持参赛者动态调整算法。若同一队伍多次提交，系统仅保留历史最优解参与排名。

第*i*组的配送方案得分为：

$$score_i = \frac{1}{10} \sum_{k=1}^{10} (60 - 60 * \frac{cost_k^i - cost_k^*}{cost_k^*})$$

其中， $cost_k^i$ 为第*i*组所提交实例*k*的最优解， $cost_k^*$ 为当前全部队伍中对于实例*k*的最优解。

2.专家评审（40%）

专家评审将由领域专家组成的评审团队进行，选取配送方案评估综合排名前列的参赛团队进行答辩。评审团队将针对参赛者的技术先进性、创新性以及方案完整性进行综合评价。

专家评审评分总分40分，其中技术先进性、创新性及方案完整性各占15分、15分与10分。技术先进性主要评估参赛作品在低空物流路径规划领域的技术进步程度，是否采用先进的技术和方法；创新性主要评估参赛作品在解决本问题时的创新性和独特性，作品是否提供了新颖、创新的解决方案和算法；方案完整性主要评估参赛者算法的完整性和技术细节的清晰度，以及提交代码质量和可读性。

综合考虑以上各项指标，按照相应权重进行评分，最终计算得到参赛者的总成绩。这个评分准则旨在全面衡量参赛者的技术水平，从而选出优秀的解决方案。

联系方式

张老师 17601030798

王老师 18811746675

QQ答疑群：636625323