

# 《高级算法设计与分析》课程作业

## 无人机配送路径规划问题

## Drone Delivery Path Planning Problem

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 姓名 | ： | 赵路路 |
| 学号 | ： | 2023202210120 |
| 专业 | ： | 网络空间安全 |

2024年6月4日

目录

[1 问题重述 1](#_Toc170303522)

[2 解决思路 2](#_Toc170303523)

[2.1 地图与订单数据模拟生成 2](#_Toc170303524)

[2.2 订单分配与无人机调度 5](#_Toc170303525)

[2.3 无人机配送路径规划 7](#_Toc170303526)

[3 问题解决 8](#_Toc170303527)

[4 问题总结 9](#_Toc170303528)

# 1 问题重述

无人机配送是解决最后10公里问题的有效方法。在某区域内存在j个配送中心，每个配送中心具有无限多的任意商品和无限多的无人机；存在k个卸货点，每个卸货点每隔t分钟随机产生0～m个订单；订单存在优先级别，一般订单要求3小时内送到，较紧急订单要求1.5小时内送到，紧急订单要求0.5小时内送到。

问题的目标是：一段时间内，所有无人机的总配送路径最短。

问题的约束是：

1. 满足订单的优先级别要求；
2. 无人机一次最多可以携带n个物品；
3. 无人机一次飞行最远路程20公里（包含返回配送点）；
4. 无人机的速度是60公里/小时；

# 2 解决思路

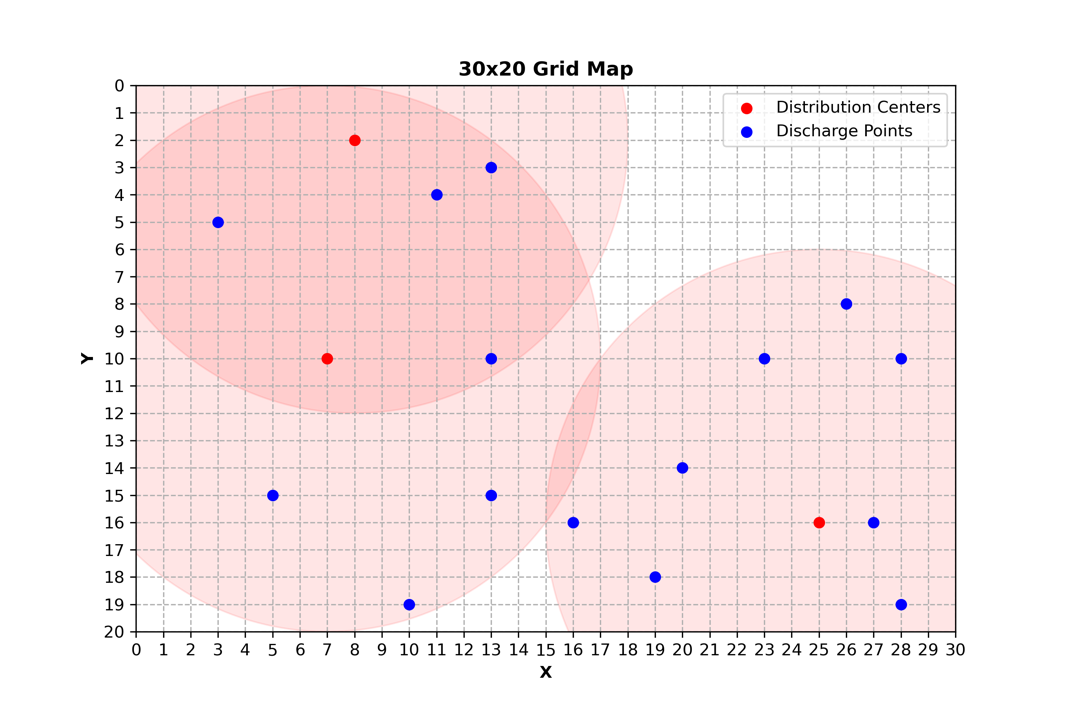
根据题目要求和数据模拟需要，解决思路可分为三个步骤：地图与订单数据模拟生成、订单分配与无人机调度、无人机配送路径规划，下面具体介绍每个步骤的内容。

## 2.1 地图与订单数据模拟生成

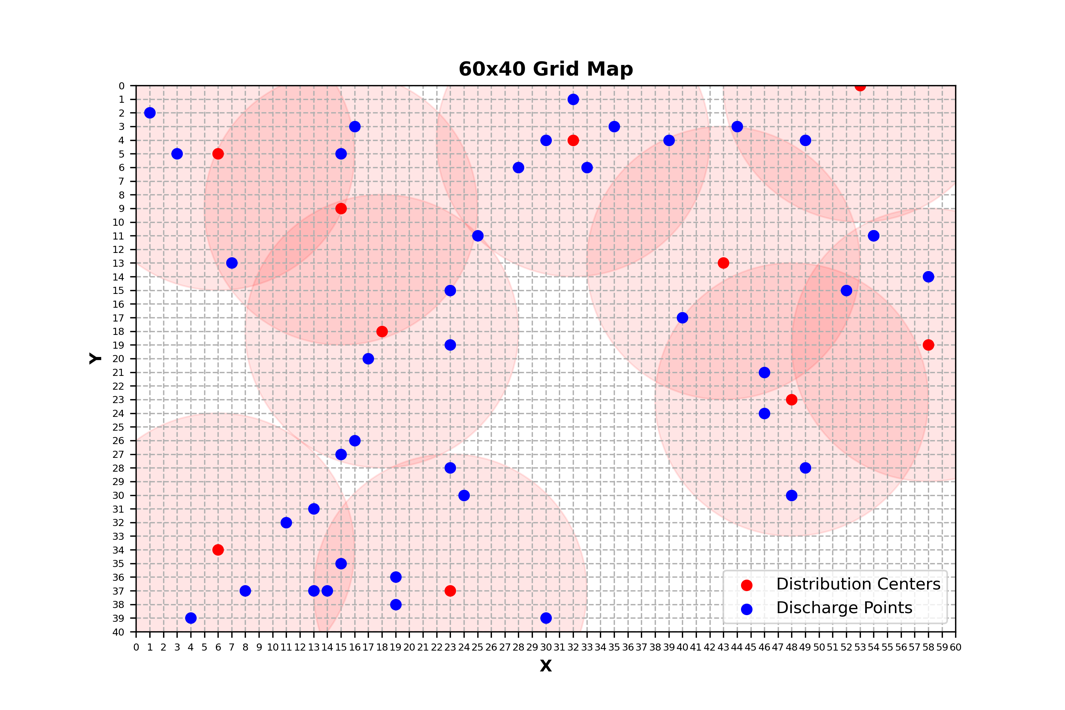
首先介绍地图的模拟生成过程。由于无人机配送用于解决最后10公里问题，故每个配送中心可以辐射到其周围10公里内的卸货点，在地图模拟生成时，要保证所有卸货点均在某个配送中心的辐射范围内。因此，设计地图模拟生成算法如下：

|  |
| --- |
| **Alg1:** Map Simulation Algorithm (MSA) |
| **Input:**, , , // 区域范围、配送中心与卸货点数量 |
| **Output:** , // 配送中心与卸货点集合 |
| 1: **while**: |
| 2: |
| 3: **if** : |
| 4: // 随机生成配送中心位置并加入集合 |
| 5: **for** **to** : |
| 6: **if** : |
| 7: // 配送中心间距离不小于8 |
| 8: **end for** |
| 9: **end while** |
| 10: **while**: |
| 11: |
| 12: **for** **to** : |
| 13: **if** : |
| 14: // 卸货点需在任意一个配送中心10公里内 |
| 15: **end for** |
| 16: **end while** |

根据MSA地图模拟生成算法，随机生成两组不同规模的地图如图2-1和2-2所示：



#### 图2-1 3020地图（3中心15卸货点）示例



#### 图2-2 3020地图（10中心40卸货点）示例

下面介绍订单的模拟生成过程。根据题目要求，每个卸货点每隔t分钟随机产生0～m个不同优先级别的订单，将其加入待处理订单队列，设计订单模拟生成算法如下：

|  |
| --- |
| **Alg2:** Order Simulation Algorithm (OSA) |
| **Input:** , , // 卸货点集合、最大订单数和当前时间 |
| **Output:** // 待处理订单队列 |
| 1: **for** **to** : |
| 2: // 随机生成0～m个订单 |
| 3: **for** **to** : |
| 4: |
| 5: |
| 6: |
| 7: |
| 8: |
| 9: **end for** |
| 10: **end for** |

根据OSA订单模拟生成算法，在0时刻对于如图2-1所示地图（3配送中心15卸货点），最大订单数m=3，生成一组订单如表2-1所示：

#### 表2-1 订单模拟生成算法示例

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 余时 | 位置 |
| 1 | 90 | (28,19) |
| 2 | 180 | (28,19) |
| 3 | 30 | (20,14) |
| 4 | 180 | (20,14) |
| 5 | 30 | (19,18) |
| 6 | 30 | (27,16) |
| 7 | 30 | (27,16) |
| 8 | 90 | (13,15) |
| 9 | 180 | (13,15) |
| 序号 | 余时 | 位置 |
| 10 | 90 | (28,10) |
| 11 | 30 | (28,10) |
| 12 | 180 | (28,10) |
| 13 | 90 | (13,10) |
| 14 | 90 | (13,10) |
| 15 | 30 | (5,15) |
| 16 | 30 | (5,15) |
| 17 | 90 | (5,15) |
| 18 | 180 | (3,5) |
| 序号 | 余时 | 位置 |
| 19 | 90 | (3,5) |
| 20 | 180 | (10,19) |
| 21 | 90 | (10,19) |
| 22 | 30 | (16,16) |
| 23 | 90 | (23,10) |
| 24 | 90 | (23,10) |
| 25 | 180 | (23,10) |
| 26 | 30 | (13,3) |
| 27 | 90 | (13,3) |

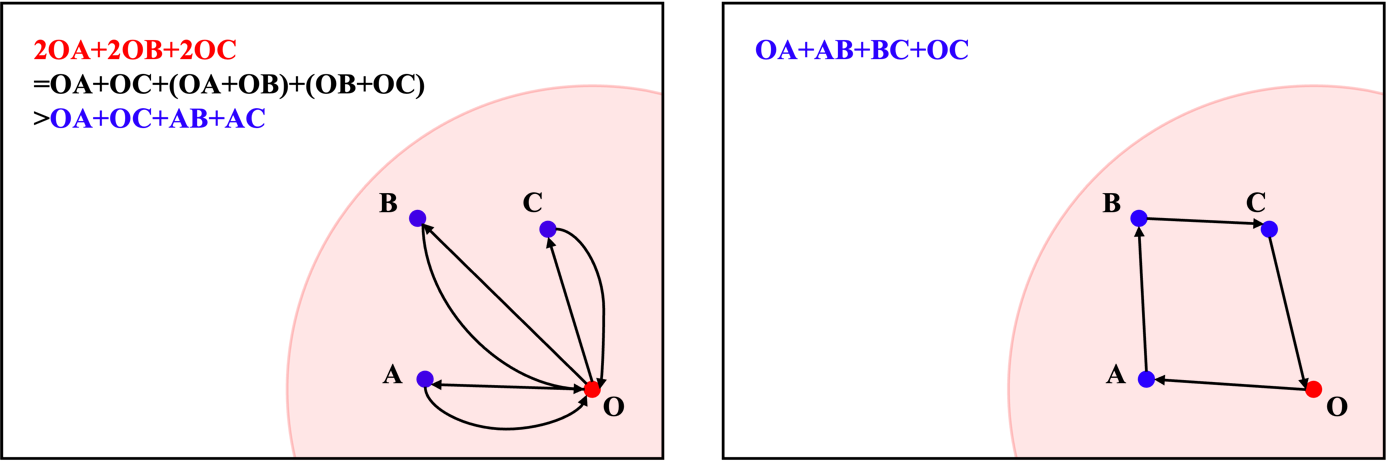
## 2.2 订单分配与无人机调度

根据题目要求，每隔t分钟将会产生一组新订单加入待处理订单队列，所以假设系统每隔t分钟将进行一次订单分配与无人机调度，完成其中一部分订单的配送。

首先介绍订单分配过程。对于如图2-1所示地图（3配送中心15卸货点），配送中心辐射范围相互重叠，存在某些卸货点既可以被A配送中心配送，又可以被B配送中心配送。对于这种情形，我们考虑卸货点与配送中心的距离，每个卸货点均由距离其最近的配送中心配送，因此需要将待处理订单队列进行订单分配。设计订单分配算法如下：

|  |
| --- |
| **Alg3:** Order Distribution Algorithm (ODA) |
| **Input:** , // 待处理订单队列与配送中心集合 |
| **Output:** // 根据最近配送中心分配后的待处理订单队列 |
| 1: **for** **to** : |
| 2: **for** **to** : |
| 3: |
| 4: **if** : // 寻找与此订单目的卸货点最近的配送中心 |
| 5: |
| 6: |
| 7: **end if** |
| 8: **end for** |
| 9: // 将此订单加入最近配送中心的待处理订单队列 |
| 10: **end for** |

下面介绍无人机调度过程。对于ODA订单分配算法得到的每个配送中心的待处理订单，将订单按照剩余时间从小到大排序，优先配送紧急订单（剩余时间30分钟），适量配送较紧急订单（剩余时间90分钟），暂不配送一般订单（剩余时间180分钟）。这样做的好处在于，对于一些相对不紧急的订单，可以在下一次调度时一起配送，使无人机负载尽量保持在较高水平，减少无人机资源的浪费，进而达到更优的总体配送路径长度。根据题目要求，一段时间后（例如一天），所有订单都需要配送完毕。所以在最后一个时刻，需要不惜无人机资源，将所有订单配送完毕。



#### 图2-3 折返配送与连续配送对比

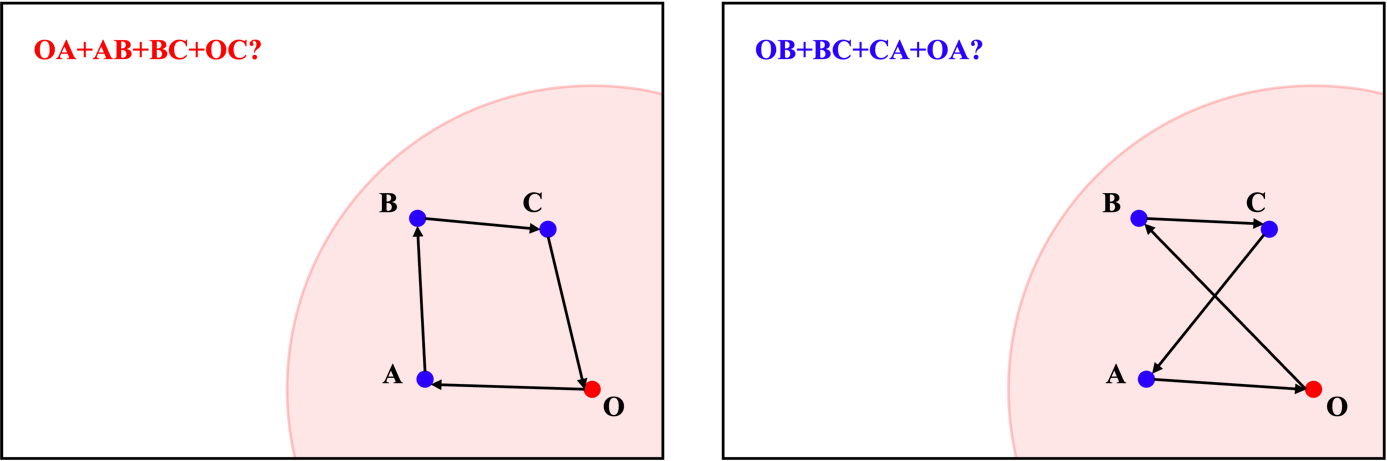
如图2-3所示，根据三角形两边之和大于第三边的性质可知，多次折返配送的代价大于连续配送的代价。所以，在确定本次调度需要配送的订单后，使用简单贪心算法，按顺序为订单安排无人机。

为满足问题约束b～d，假设无人机一次最多可以携带n=5个物品，一次最远飞行距离为20公里，速度为60公里/小时。根据简单贪心原则，为每架无人机尽可能多的安排订单，安排时需要检验：（1）是否达到无人机最大负载；（2）订单是否会超时；（3）无人机能否返回配送中心。设计无人机调度算法如下：

|  |
| --- |
| **Alg4:** Drone Scheduling Algorithm (DSA) |
| **Input:** , , , , // 订单队列、最大负载/距离/速度和当前时间 |
| **Output:** // 该配送中心本次调度的无人机群 |
| 1: **while** : // 某中心订单待处理订单队列中本次调度需配送的订单 |
| 2: |
| 3: **while** : // 该无人机的负载允许增加新订单 |
| 4: **for** **to** : |
| 5: |
| 6: **if** and : |
| 7: **break** // 找到合适的新订单后结束本次循环 |
| 8: **end if** |
| 9: // 该订单会超时或导致无法返回中心故去除 |
| 10: **end for** |
| 11: **end while** |
| 12: **end while** |

## 2.3 无人机配送路径规划

本节介绍更进一步的无人机路径规划过程。如图2-4所示，根据简单贪心原则，DSA无人机调度算法给出了每个配送中心派出的无人机群。对于每架无人机，其配送订单已经确定，但并没有得到最优配送路径，该问题可以建模为旅行商问题，许多算法可以得到其近似解。



#### 图2-3 无人机最优配送路径不确定

但对于当前假设而言，一架无人机每次最多携带n=5个物品，故最多途径5个卸货点，所以可以穷举所有可能找出最优路径的精确解，故此处不再赘述具体的算法设计。

# 3 问题解决

# 4 问题总结

无人机配送是解决最后10公里问题的有效方法。

本文从问题的场景假设、目标和约束入手，通过地图与订单数据模拟生成、订单分配与无人机调度和无人机配送路径规划三个步骤，设计并实现了MSA地图模拟生成算法、OSA订单模拟生成算法、ODA订单分配算法和DSA无人机调度算法四个算法，最终得出了无人机配送问题较优的可行解。