



# 《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
2 解决思路 .....	2
2.1 地图与订单数据模拟生成 .....	2
2.2 订单分配与无人机调度 .....	6
2.3 无人机配送路径规划 .....	8
3 问题解决 .....	9
4 问题总结 .....	11
5 附录 .....	13

## 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  $0 \sim m$  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：

- a) 满足订单的优先级别要求；
- b) 无人机一次最多可以携带  $n$  个物品；
- c) 无人机一次飞行最远路程 20 公里（包含返回配送点）；
- d) 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: scaleX, scaleY, j, k // 区域范围、配送中心与卸货点数量
Output: distributionCenterSet, dischargePointSet // 配送中心与卸货点集合

1: while distributionCenterSet.size < j:
2:    $(x, y) = (\text{random.nexInt}(\text{scaleX}), \text{random.nexInt}(\text{scaleY}))$ 
3:   if distributionCenterSet.isEmpty:
4:     distributionCenterSet.add((x, y)) // 随机生成配送中心位置并加入集合
5:   for i = 1 to distributionCenterSet.size:
6:     if  $\text{distance}(\text{distributionCenterSet}[i].\text{getPostion}, (x, y)) < 8$ :
7:       distributionCenterSet.remove((x, y)) // 配送中心间距离不小于 8
8:   end for
9: end while

10: while dischargePointSet.size < k:
11:    $(x, y) = (\text{random.nexInt}(\text{scaleX}), \text{random.nexInt}(\text{scaleY}))$ 
12:   for i = 1 to j:
13:     if  $\text{distance}(\text{distributionCenterSet}[i].\text{getPosition}, (x, y)) \leq 10$ :
14:       dischargePointSet.add((x, y)) // 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:

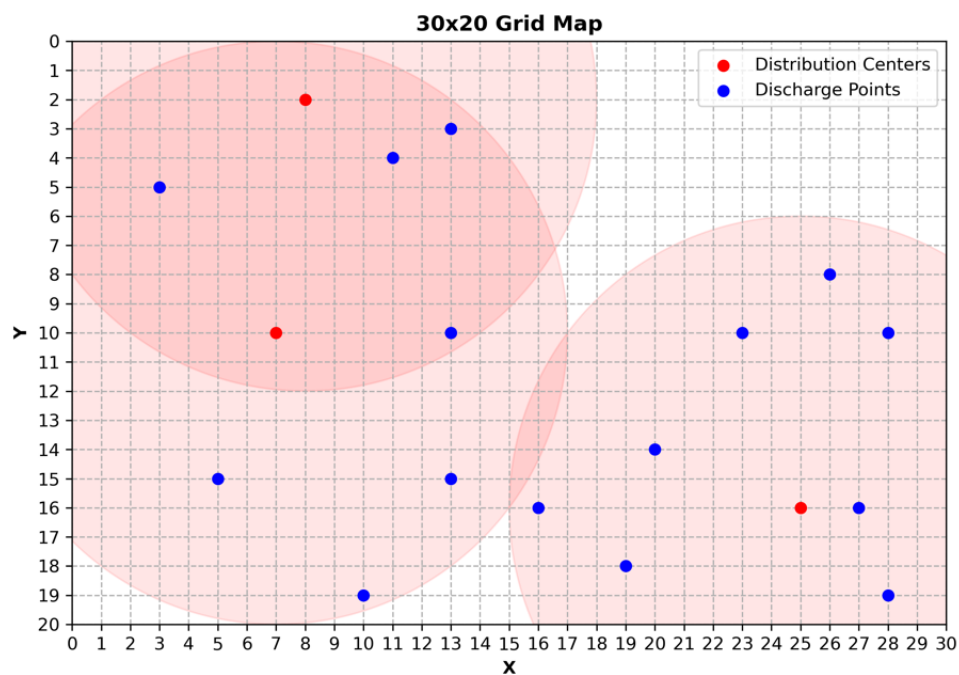


图 2-1 30×20 地图（3 中心 15 卸货点）示例

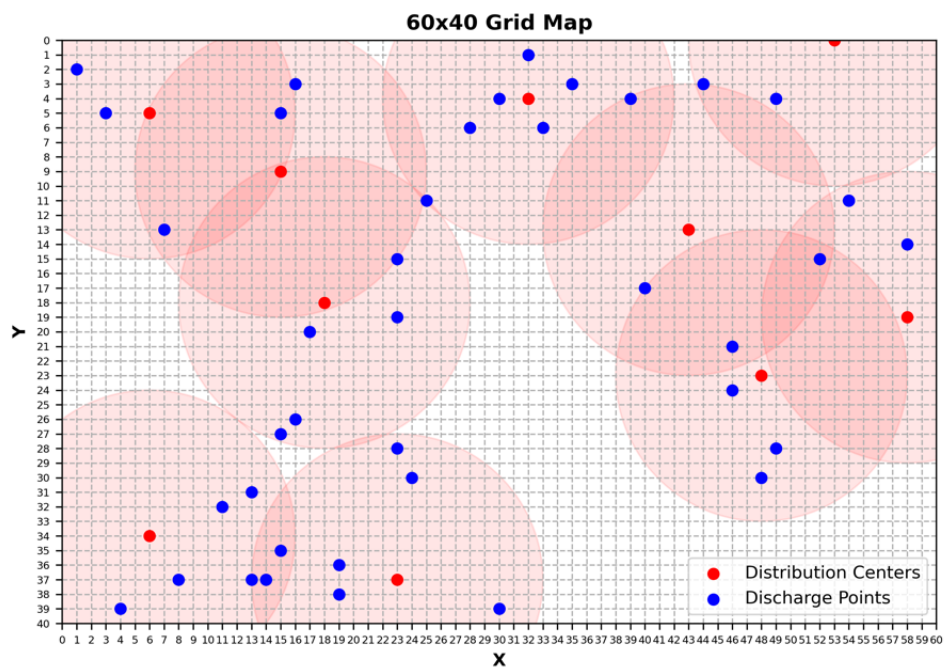


图 2-2 30×20 地图（10 中心 40 卸货点）示例

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  $0 \sim m$  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:** *dischargePointSet*, *m*, *currentTime*      // 卸货点集合、最大订单数和当前时间

**Output:** *orders*      // 待处理订单队列

```

1: for  $i = 1$  to dischargePointSet.size:
2:    $num = random.nextInt(m + 1)$       // 随机生成  $0 \sim m$  个订单
3:   for  $j = 1$  to  $num$ :
4:      $priority = Util.randomPriority$ 
5:      $createTime = currentTime$ 
6:      $remainTime = priority.getTime$ 
7:      $position = dischargePointSet[i].getPosition$ 
8:      $orders.add((priority, createTime, remainTime, position))$ 
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	序号	余时	位置	序号	余时	位置
1	90	(28,19)	10	90	(28,10)	19	90	(3,5)
2	180	(28,19)	11	30	(28,10)	20	180	(10,19)
3	30	(20,14)	12	180	(28,10)	21	90	(10,19)
4	180	(20,14)	13	90	(13,10)	22	30	(16,16)
5	30	(19,18)	14	90	(13,10)	23	90	(23,10)
6	30	(27,16)	15	30	(5,15)	24	90	(23,10)
7	30	(27,16)	16	30	(5,15)	25	180	(23,10)
8	90	(13,15)	17	90	(5,15)	26	30	(13,3)
9	180	(13,15)	18	180	(3,5)	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:** *orders*, *distributionCenterSet* // 待处理订单队列与配送中心集合

**Output:** *orders<sub>i</sub>* // 根据最近配送中心分配后的待处理订单队列

```

1: for  $i = 1$  to orders.size:
2:   for  $j = 1$  to distributionCenterSet.size:
3:      $d = \text{distance}(\text{orders}[i].\text{getPosition}, \text{distributionCenterSet}[j].\text{getPosition})$ 
4:     if  $d < \text{minDistance}$ : // 寻找与此订单目的卸货点最近的配送中心
5:        $\text{minDistance} = d$ 
6:        $\text{flag} = j$ 
7:     end if
8:   end for
9:   ordersflag.add(orders[i]) // 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 $\leq 30$  分钟），适量配送较紧急订单（剩余时间 $\leq 90$  分钟），暂不配送一般订单（剩余时间 $\leq 180$  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。

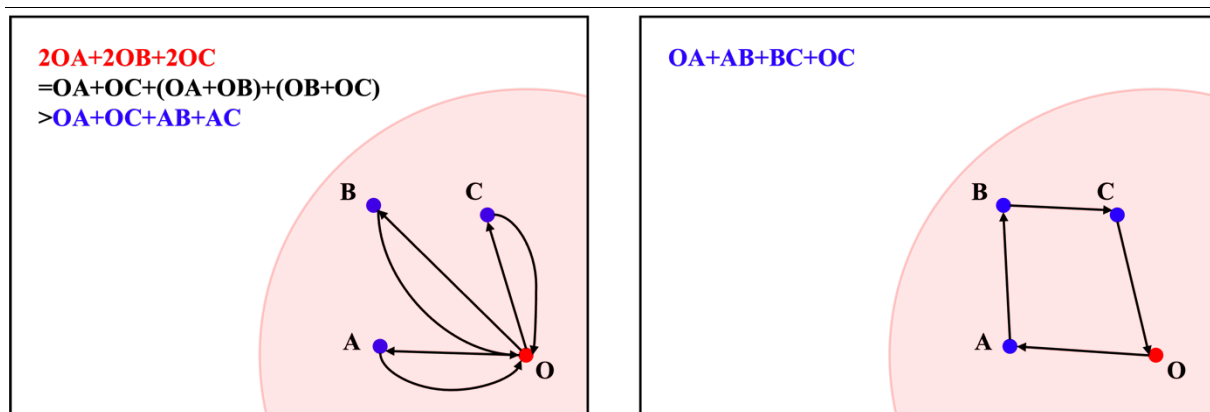


图 2-3 折返配送与连续配送对比

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  $b \sim d$ ，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:** *orders, n, maxDis, s* // 订单队列、最大负载/距离/速度

**Output:** *drones* // 该配送中心本次调度的无人机群

```

1: while !orders.isEmpty: // 某中心订单待处理订单队列中本次调度需配送的订单
2:   drones[i].path = [centerPosition]
3:   if drones[i].currentLoad + 1 ≤ n: // 该无人机的负载允许增加新订单
4:     for j = 0 to orders.size:
5:       drones.path.add(orders[j])
6:       if dis(drones.path) ≤ 20 and time(drones.path) ≤ orders[j].remainTime:
7:         break // 找到合适的新订单后结束本次循环
8:       end if
9:       drones.path.remove(orders[j]) // 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。

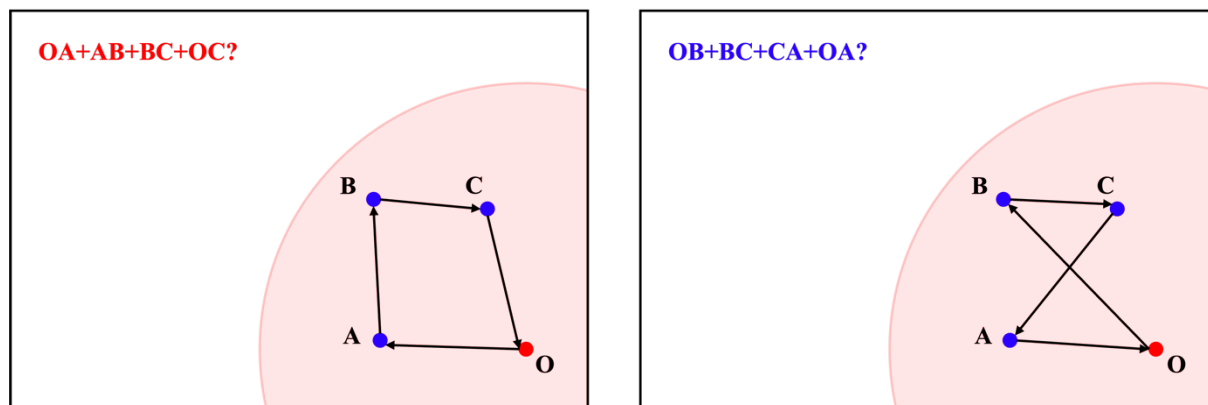


图 2-4 无人机最优配送路径不确定

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

根据问题描述和算法设计，首先给出程序模拟运行的超参数设置，如表 3-1 所示。此外，使用使用 MSA 地图模拟生成算法，生成地图如图 3-1 所示：

表 3-1 程序模拟运行超参数

参数名称	参数值
地图尺寸	60×40 km <sup>2</sup>
配送中心数量	10 个
卸货点数量	40 个
订单生成间隔时间	30 分钟
订单生成最大值	10 个/卸货点
无人机最大负载	5 个
无人机最大距离	20 km
无人机飞行速度	60 km/h (1 km/min)
非紧急订单被选中概率	0.7
清空订单间隔时间	3 小时

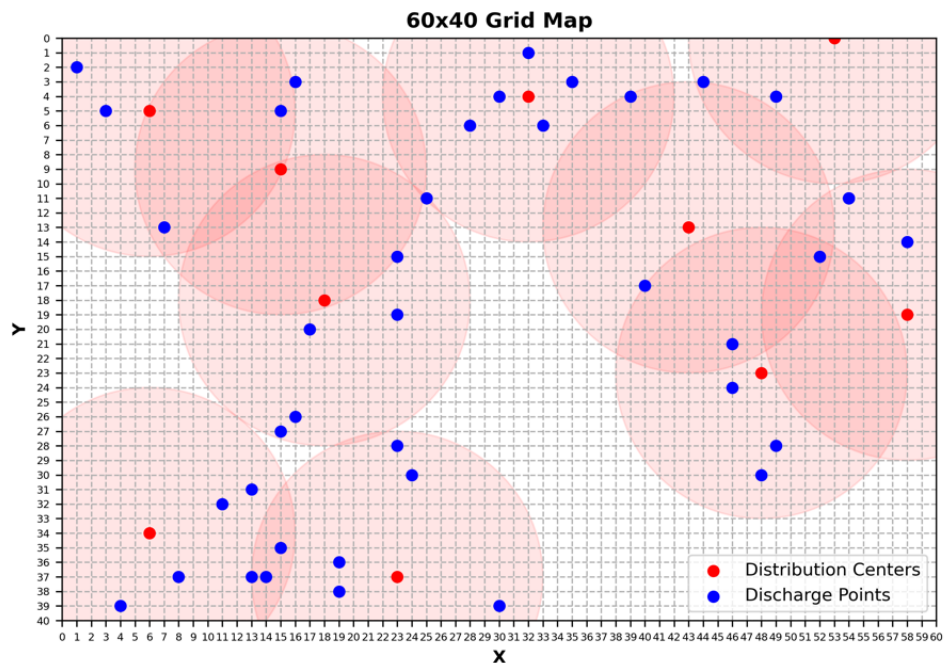


图 3-1 30×20 地图（10 中心 40 卸货点）示例

程序共模拟运行 24 小时，运行结果统计详见附录。此次模拟运行，共随机生成订单 9422 个，共派出 2241 架次无人机(平均每次调度每个配送中心出动无人机 4.67 架)，无人机飞行总里程为 33878 公里，平均每架无人机航行距离为 15.12 公里，无人机平均负载率为 84.09%，无订单超时情况出现。

根据上述数据可知，本方案设计的无人机调度算法具有优越的性能，在没有订单超时的情况下，平均航行距离基本达到最大航行距离的 3/4，负载保持在 80%以上，充分利用无人机资源。

下面，截取某一轮次调度时无无人机的航行路线做具体分析。例如选取第 46 轮次调度，此次调度共配送 223 个订单，出动无人机 52 架，总航行距离 801 公里，机均航行距离 15.4 公里，机均订单数 4.29。如图 3-2 所示，是本次调度各无人机的具体航行路线。

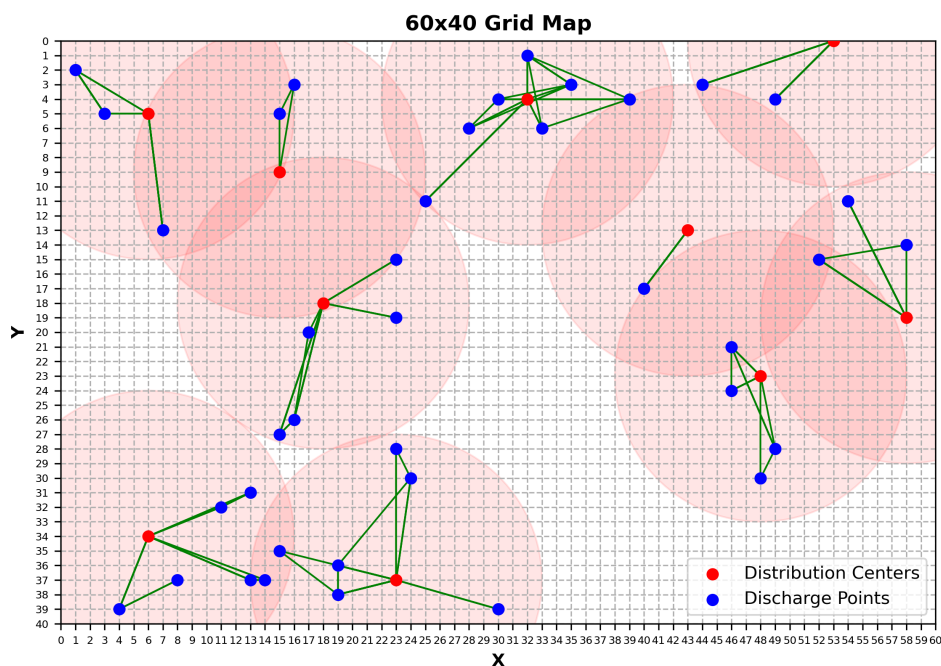


图 3-2 第 46 轮次调度无人机航线示例

## 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。

最终通过 24 小时模拟仿真实验和数据分析，共随机生成订单 9422 个，共派出 2241 架次无人机（平均每次调度每个配送中心出动无人机 4.67 架），无人机飞行总里程为 33878 公里，平均每架无人机航行距离为 15.12 公里，无人机平均负载率为 84.09%，无订单超时情况出现。可见得出了无人机配送问题较优的可行解。

## 5 附录

轮次	配送中心	配送中心 订单总数	配送中心 本轮配送订单数	配送中心 无人机数	订单总数	配送总数	无人机总数	总航行距离	机均 航行距离	机均 订单数
1	(6,34)	25	16	4	208	144	36	519	14.42	4
	(48,23)	29	16	4						
	(53,0)	8	6	2						
	(15,9)	12	9	2						
	(43,13)	3	2	1						
	(23,37)	36	29	7						
	(58,19)	10	6	2						
	(6,5)	13	10	3						
	(32,4)	43	30	7						
	(18,18)	29	20	4						
2	(6,34)	52	35	8	273	161	39	583	14.95	4.13
	(48,23)	32	20	4						
	(53,0)	6	4	2						
	(15,9)	11	6	2						
	(43,13)	11	4	1						
	(23,37)	38	18	5						
	(58,19)	15	9	2						
	(6,5)	20	14	4						

	(32,4)	44	26	6						
	(18,18)	44	25	5						
3	(6,34)	53	32	7	299	192	46	724	15.74	4.17
	(48,23)	23	15	3						
	(53,0)	14	10	3						
	(15,9)	5	3	1						
	(43,13)	17	16	4						
	(23,37)	57	39	9						
	(58,19)	25	15	4						
	(6,5)	21	16	4						
	(32,4)	36	19	5						
	(18,18)	48	27	6						
4	(6,34)	48	27	7	309	180	45	662	14.71	4
	(48,23)	32	16	4						
	(53,0)	12	6	2						
	(15,9)	9	3	1						
	(43,13)	10	7	2						
	(23,37)	46	28	7						
	(58,19)	28	17	4						
	(6,5)	26	17	4						
	(32,4)	55	35	8						
	(18,18)	43	24	6						
5	(6,34)	48	27	7	323	200	48	685	14.27	4.17

	(48,23)	35	22	5						
	(53,0)	16	11	3						
	(15,9)	9	5	1						
	(43,13)	5	1	1						
	(23,37)	44	29	7						
	(58,19)	38	27	6						
	(6,5)	26	16	4						
	(32,4)	58	36	8						
	(18,18)	44	26	6						
6	(6,34)	45	32	8	305	185	45	678	15.07	4.11
	(48,23)	23	11	3						
	(53,0)	16	9	3						
	(15,9)	14	11	3						
	(43,13)	4	2	1						
	(23,37)	44	30	7						
	(58,19)	27	16	4						
	(6,5)	32	17	4						
	(32,4)	52	28	6						
	(18,18)	48	29	6						
7	(6,34)	39	17	5	301	165	40	600	15	4.13
	(48,23)	31	18	4						
	(53,0)	19	11	3						
	(15,9)	13	8	2						

	(43,13)	6	4	1						
	(23,37)	47	23	6						
	(58,19)	31	18	5						
	(6,5)	25	15	3						
	(32,4)	48	30	6						
	(18,18)	42	21	5						
8	(6,34)	51	25	6	326	184	47	737	15.68	3.91
	(48,23)	31	20	5						
	(53,0)	18	10	3						
	(15,9)	12	7	2						
	(43,13)	3	1	1						
	(23,37)	50	28	8						
	(58,19)	35	20	5						
	(6,5)	30	16	4						
	(32,4)	50	31	7						
	(18,18)	46	26	6						
9	(6,34)	52	33	7	345	237	53	798	15.06	4.47
	(48,23)	22	13	3						
	(53,0)	19	12	3						
	(15,9)	18	15	3						
	(43,13)	9	9	2						
	(23,37)	63	46	10						
	(58,19)	25	14	4						



	(6,5)	29	20	5						
	(32,4)	56	37	8						
	(18,18)	52	38	8						
10	(6,34)	45	25	6	314	191	45	692	15.38	4.24
	(48,23)	22	9	3						
	(53,0)	19	11	3						
	(15,9)	7	5	1						
	(43,13)	9	5	1						
	(23,37)	52	39	9						
	(58,19)	38	22	5						
	(6,5)	27	14	3						
	(32,4)	55	35	8						
	(18,18)	40	26	6						
11	(6,34)	64	47	10	320	209	51	766	15.02	4.1
	(48,23)	28	16	4						
	(53,0)	18	12	4						
	(15,9)	8	7	2						
	(43,13)	13	6	2						
	(23,37)	47	32	8						
	(58,19)	22	11	3						
	(6,5)	22	11	3						
	(32,4)	67	47	10						
	(18,18)	31	20	5						

12	(6,34)	54	35	8	308	192	46	709	15.41	4.17
	(48,23)	37	22	5						
	(53,0)	19	13	4						
	(15,9)	8	5	1						
	(43,13)	12	6	2						
	(23,37)	48	27	7						
	(58,19)	29	18	4						
	(6,5)	23	16	4						
	(32,4)	43	28	6						
	(18,18)	35	22	5						
13	(6,34)	33	22	5	283	172	42	629	14.98	4.1
	(48,23)	35	24	5						
	(53,0)	13	9	3						
	(15,9)	7	2	1						
	(43,13)	9	3	1						
	(23,37)	42	21	6						
	(58,19)	30	17	4						
	(6,5)	29	17	4						
	(32,4)	55	38	8						
	(18,18)	30	19	5						
14	(6,34)	30	20	4	281	165	38	562	14.79	4.34
	(48,23)	23	14	3						
	(53,0)	17	13	3						

	(15,9)	7	3	1						
	(43,13)	6	3	1						
	(23,37)	40	19	5						
	(58,19)	45	25	5						
	(6,5)	23	15	4						
	(32,4)	57	32	7						
	(18,18)	33	21	5						
15	(6,34)	26	15	4	286	166	40	623	15.58	4.15
	(48,23)	29	16	4						
	(53,0)	11	5	1						
	(15,9)	9	4	1						
	(43,13)	5	2	1						
	(23,37)	49	27	7						
	(58,19)	46	27	6						
	(6,5)	25	17	4						
	(32,4)	51	32	7						
	(18,18)	35	21	5						
16	(6,34)	35	20	4	312	180	44	658	14.95	4.09
	(48,23)	35	18	4						
	(53,0)	19	12	3						
	(15,9)	16	9	2						
	(43,13)	7	3	1						
	(23,37)	48	26	7						

	(58,19)	39	22	5						
	(6,5)	32	22	5						
	(32,4)	50	27	7						
	(18,18)	31	21	6						
17	(6,34)	44	20	5	331	199	45	683	15.18	4.42
	(48,23)	39	25	5						
	(53,0)	20	13	3						
	(15,9)	9	4	1						
	(43,13)	6	0	0						
	(23,37)	51	31	8						
	(58,19)	43	29	6						
	(6,5)	18	10	3						
	(32,4)	56	38	8						
	(18,18)	45	29	6						
18	(6,34)	58	39	8	345	211	47	739	15.72	4.49
	(48,23)	32	18	4						
	(53,0)	17	10	3						
	(15,9)	15	9	2						
	(43,13)	7	3	1						
	(23,37)	60	41	9						
	(58,19)	40	24	5						
	(6,5)	26	18	4						
	(32,4)	57	29	7						

	(18,18)	33	20	4						
19	(6,34)	52	27	6	356	208	48	735	15.31	4.33
	(48,23)	33	20	4						
	(53,0)	14	5	2						
	(15,9)	12	8	2						
	(43,13)	13	7	2						
	(23,37)	56	34	8						
	(58,19)	41	29	7						
	(6,5)	27	14	3						
	(32,4)	68	40	9						
	(18,18)	40	24	5						
20	(6,34)	60	32	7	375	212	49	720	14.69	4.33
	(48,23)	30	20	4						
	(53,0)	27	20	4						
	(15,9)	18	14	3						
	(43,13)	14	9	2						
	(23,37)	43	23	7						
	(58,19)	39	21	5						
	(6,5)	28	16	4						
	(32,4)	68	35	8						
	(18,18)	48	22	5						
21	(6,34)	56	34	8	368	222	52	744	14.31	4.27
	(48,23)	31	19	4						

	(53,0)	21	15	4						
	(15,9)	9	5	1						
	(43,13)	11	6	2						
	(23,37)	52	34	8						
	(58,19)	41	27	6						
	(6,5)	22	12	3						
	(32,4)	73	43	10						
	(18,18)	52	27	6						
22	(6,34)	45	31	8	319	199	48	719	14.98	4.15
	(48,23)	26	14	3						
	(53,0)	6	5	2						
	(15,9)	13	7	2						
	(43,13)	9	7	2						
	(23,37)	42	24	6						
	(58,19)	42	28	6						
	(6,5)	25	17	4						
	(32,4)	57	30	7						
	(18,18)	54	36	8						
23	(6,34)	39	25	5	336	215	49	747	15.24	4.39
	(48,23)	21	14	3						
	(53,0)	11	10	3						
	(15,9)	13	9	2						
	(43,13)	5	3	1						

	(23,37)	63	45	11						
	(58,19)	34	17	4						
	(6,5)	33	17	4						
	(32,4)	70	42	9						
	(18,18)	47	33	7						
24	(6,34)	53	29	6	334	190	44	697	15.84	4.32
	(48,23)	31	19	4						
	(53,0)	12	8	2						
	(15,9)	17	11	3						
	(43,13)	4	2	1						
	(23,37)	59	35	8						
	(58,19)	38	23	5						
	(6,5)	21	9	3						
	(32,4)	64	38	8						
	(18,18)	35	16	4						
25	(6,34)	51	34	7	318	202	47	732	15.57	4.3
	(48,23)	32	23	5						
	(53,0)	13	11	3						
	(15,9)	19	11	3						
	(43,13)	7	3	1						
	(23,37)	38	20	5						
	(58,19)	24	14	3						
	(6,5)	31	17	5						

	(32,4)	47	32	7						
	(18,18)	56	37	8						
26	(6,34)	56	32	7	308	190	46	698	15.17	4.13
	(48,23)	20	10	3						
	(53,0)	5	2	1						
	(15,9)	22	15	3						
	(43,13)	6	4	1						
	(23,37)	56	39	9						
	(58,19)	28	20	5						
	(6,5)	28	12	3						
	(32,4)	45	30	8						
	(18,18)	42	26	6						
27	(6,34)	57	33	8	305	191	46	703	15.28	4.15
	(48,23)	31	20	4						
	(53,0)	14	10	3						
	(15,9)	15	8	2						
	(43,13)	7	3	1						
	(23,37)	41	28	7						
	(58,19)	23	16	5						
	(6,5)	31	19	4						
	(32,4)	57	36	8						
	(18,18)	29	18	4						
28	(6,34)	63	39	8	310	198	46	716	15.57	4.3



	(48,23)	31	19	4						
	(53,0)	19	13	3						
	(15,9)	14	8	2						
	(43,13)	9	4	1						
	(23,37)	34	20	6						
	(58,19)	20	12	3						
	(6,5)	30	21	5						
	(32,4)	58	42	9						
	(18,18)	32	20	5						
29	(6,34)	47	25	6	288	180	44	700	15.91	4.09
	(48,23)	33	19	4						
	(53,0)	13	7	2						
	(15,9)	10	5	1						
	(43,13)	14	11	3						
	(23,37)	26	16	5						
	(58,19)	25	18	5						
	(6,5)	19	11	3						
	(32,4)	57	37	8						
	(18,18)	44	31	7						
30	(6,34)	50	35	7	285	173	40	594	14.85	4.33
	(48,23)	26	14	3						
	(53,0)	7	3	1						
	(15,9)	17	13	3						

	(43,13)	11	8	2						
	(23,37)	43	22	5						
	(58,19)	27	12	3						
	(6,5)	12	8	3						
	(32,4)	45	24	6						
	(18,18)	47	34	7						
31	(6,34)	52	28	6	316	191	45	691	15.36	4.24
	(48,23)	39	24	5						
	(53,0)	10	8	2						
	(15,9)	19	8	2						
	(43,13)	9	4	1						
	(23,37)	50	33	8						
	(58,19)	34	21	5						
	(6,5)	20	15	4						
	(32,4)	41	24	6						
	(18,18)	42	26	6						
32	(6,34)	58	39	8	299	185	44	635	14.43	4.2
	(48,23)	30	17	4						
	(53,0)	5	4	1						
	(15,9)	10	8	2						
	(43,13)	5	3	1						
	(23,37)	46	29	8						
	(58,19)	24	13	3						

	(6,5)	18	11	3						
	(32,4)	60	37	8						
	(18,18)	43	24	6						
33	(6,34)	46	22	5	323	182	44	656	14.91	4.14
	(48,23)	38	25	5						
	(53,0)	9	6	2						
	(15,9)	17	12	3						
	(43,13)	12	7	2						
	(23,37)	52	29	8						
	(58,19)	26	17	4						
	(6,5)	24	13	3						
	(32,4)	64	36	8						
	(18,18)	35	15	4						
34	(6,34)	52	35	7	331	204	48	765	15.94	4.25
	(48,23)	31	23	5						
	(53,0)	12	9	3						
	(15,9)	15	7	2						
	(43,13)	11	7	2						
	(23,37)	43	22	6						
	(58,19)	38	25	5						
	(6,5)	25	17	4						
	(32,4)	56	31	8						
	(18,18)	48	28	6						

35	(6,34)	48	32	7	325	189	46	708	15.39	4.11
	(48,23)	31	21	5						
	(53,0)	12	8	3						
	(15,9)	13	7	2						
	(43,13)	14	8	2						
	(23,37)	51	28	6						
	(58,19)	34	20	5						
	(6,5)	22	10	3						
	(32,4)	51	29	7						
	(18,18)	49	26	6						
36	(6,34)	53	32	7	378	209	49	743	15.16	4.27
	(48,23)	35	22	5						
	(53,0)	24	18	4						
	(15,9)	17	11	3						
	(43,13)	9	4	1						
	(23,37)	54	33	8						
	(58,19)	36	15	3						
	(6,5)	29	12	4						
	(32,4)	58	39	9						
	(18,18)	63	23	5						
37	(6,34)	55	31	7	348	213	51	758	14.86	4.18
	(48,23)	33	17	4						
	(53,0)	16	9	3						

	(15,9)	13	6	2						
	(43,13)	8	3	1						
	(23,37)	39	22	6						
	(58,19)	43	30	6						
	(6,5)	27	20	5						
	(32,4)	59	43	9						
	(18,18)	55	32	8						
38	(6,34)	58	29	7	327	182	44	685	15.57	4.14
	(48,23)	27	16	4						
	(53,0)	16	11	3						
	(15,9)	15	8	2						
	(43,13)	9	5	1						
	(23,37)	51	25	7						
	(58,19)	40	23	5						
	(6,5)	19	12	3						
	(32,4)	50	31	7						
	(18,18)	42	22	5						
39	(6,34)	56	31	7	382	228	52	818	15.73	4.38
	(48,23)	36	19	4						
	(53,0)	21	14	3						
	(15,9)	27	15	3						
	(43,13)	11	7	2						
	(23,37)	56	33	9						

	(58,19)	40	23	5						
	(6,5)	23	13	3						
	(32,4)	60	40	9						
	(18,18)	52	33	7						
40	(6,34)	50	30	7	315	183	46	706	15.35	3.98
	(48,23)	25	13	3						
	(53,0)	8	6	2						
	(15,9)	30	23	5						
	(43,13)	10	6	2						
	(23,37)	48	26	7						
	(58,19)	22	11	3						
	(6,5)	22	12	4						
	(32,4)	51	29	6						
	(18,18)	49	27	7						
41	(6,34)	55	34	8	318	178	44	659	14.98	4.05
	(48,23)	36	22	5						
	(53,0)	7	6	2						
	(15,9)	24	11	3						
	(43,13)	12	7	2						
	(23,37)	43	19	5						
	(58,19)	28	19	4						
	(6,5)	23	11	3						
	(32,4)	52	28	6						

	(18,18)	38	21	6						
42	(6,34)	38	19	5	329	191	46	680	14.78	4.15
	(48,23)	38	27	6						
	(53,0)	17	9	3						
	(15,9)	23	14	3						
	(43,13)	7	4	1						
	(23,37)	57	29	8						
	(58,19)	22	16	4						
	(6,5)	22	9	2						
	(32,4)	64	43	9						
	(18,18)	41	21	5						
43	(6,34)	42	22	6	296	170	44	681	15.48	3.86
	(48,23)	29	17	4						
	(53,0)	22	13	4						
	(15,9)	10	6	2						
	(43,13)	6	2	1						
	(23,37)	47	25	7						
	(58,19)	30	20	4						
	(6,5)	27	17	4						
	(32,4)	45	24	6						
	(18,18)	38	24	6						
44	(6,34)	63	40	9	371	233	53	776	14.64	4.4
	(48,23)	25	19	4						

	(53,0)	22	8	2						
	(15,9)	14	10	2						
	(43,13)	10	7	2						
	(23,37)	58	38	9						
	(58,19)	37	23	5						
	(6,5)	32	19	4						
	(32,4)	55	37	9						
	(18,18)	55	32	7						
45	(6,34)	57	26	7	338	182	47	673	14.32	3.87
	(48,23)	32	22	5						
	(53,0)	25	14	4						
	(15,9)	15	6	2						
	(43,13)	7	6	2						
	(23,37)	56	35	9						
	(58,19)	31	14	4						
	(6,5)	21	9	3						
	(32,4)	56	35	7						
	(18,18)	38	15	4						
46	(6,34)	57	33	8	366	223	52	801	15.4	4.29
	(48,23)	30	16	4						
	(53,0)	27	19	5						
	(15,9)	12	3	1						
	(43,13)	11	6	2						



	(23,37)	63	32	7						
	(58,19)	42	30	6						
	(6,5)	21	13	4						
	(32,4)	61	44	9						
	(18,18)	42	27	6						
47	(6,34)	59	34	7	349	196	47	708	15.06	4.17
	(48,23)	47	27	6						
	(53,0)	15	5	2						
	(15,9)	22	14	3						
	(43,13)	8	4	1						
	(23,37)	63	33	9						
	(58,19)	37	25	6						
	(6,5)	17	7	2						
	(32,4)	45	28	7						
	(18,18)	36	19	4						
48	(6,34)	52	52	12	370	370	83	1183	14.25	4.46
	(48,23)	41	41	9						
	(53,0)	12	12	4						
	(15,9)	28	28	6						
	(43,13)	5	5	1						
	(23,37)	66	66	15						
	(58,19)	33	33	7						
	(6,5)	19	19	5						

	(32,4)	62	62	13						
	(18,18)	52	52	11						