## 2022 年高教社杯全国大学生数学建模竞赛题目

(请先阅读"全国大学生数学建模竞赛论文格式规范")

## B 题 无人机遂行编队飞行中的纯方位无源定位

无人机集群在遂行编队飞行时,为避免外界干扰,应尽可能保持电磁静默,少向外发射电磁波信号。为保持编队队形,拟采用纯方位无源定位的方法调整无人机的位置,即由编队中某几架无人机发射信号、其余无人机被动接收信号,从中提取出方向信息进行定位,来调整无人机的位置。编队中每架无人机均有固定编号,且在编队中与其他无人机的相对位置关系保持不变。接收信号的无人机所接收到的方向信息约定为:该无人机与任意两架发射信号无人机连线之间的夹角(如图 1 所示)。例如:编号为 FY01、FY02 及 FY03 的无人机发射信号,编号为 FY04 的无人机接收到的方向信息是  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  和  $\alpha_3$ 。

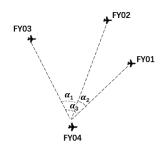


图 1 无人机接收到的方向信息示意图

请建立数学模型,解决以下问题:

**问题 1** 编队由 10 架无人机组成,形成圆形编队,其中 9 架无人机(编号 FY01~FY09)均匀分布在某一圆周上,另 1 架无人机(编号 FY00)位于圆心(见图 2)。无人机基于自身感知的高度信息,均保持在同一个高度上飞行。

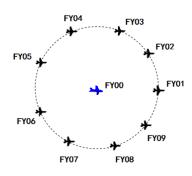


图 2 圆形无人机编队示意图

(1) 位于圆心的无人机(FY00)和编队中另 2 架无人机发射信号,其余位置略有偏差的无人机被动接收信号。当<mark>发射信号的无人机位置无偏差且编号已知时</mark>,建立被动接收信号无人机的定位模型。

- (2) 某位置略有偏差的无人机接收到编号为 FY00 和 FY01 的无人机发射的信号, 另接收到编队中若干编号未知的无人机发射的信号。若发射信号的无人机位置无偏差, 除 FY00 和 FY01 外, 还需要几架无人机发射信号, 才能实现无人机的有效定位?
- (3) 按编队要求,1 架无人机位于圆心,另 9 架无人机均匀分布在半径为 100 m 的圆周上。当初始时刻无人机的位置略有偏差时,请给出合理的无人机位置调整方案,即通过多次调整,每次选择编号为 FY00 的无人机和圆周上最多 3 架无人机遂行发射信号,其余无人机根据接收到的方向信息,调整到理想位置(每次调整的时间忽略不计),使得 9 架无人机最终均匀分布在某个圆周上。利用表 1 给出的数据,仅根据接收到的方向信息来调整无人机的位置,请给出具体的调整方案。

无人机编号	极坐标 (m,°)
0	(0,0)
1	(100,0)
2	(98, 40.10)
3	(112,80.21)
4	(105, 119.75)
5	(98, 159.86)
6	(112, 199.96)
7	(105, 240.07)
8	(98, 280.17)
9	(112, 320, 28)

表 1 无人机的初始位置

**问题 2** 实际飞行中,无人机集群也可以是其他编队队形,例如锥形编队队形(见图 3,直线上相邻两架无人机的间距相等,如 50~m)。仍考虑纯方位无源定位的情形,设计无人机位置调整方案。

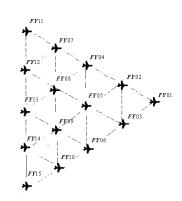


图 3 锥形无人机编队示意图