

这里换成你的论文的标题

摘要

开头段：需要充分概括论文内容，一般两到三句话即可，长度控制在三至五行。

问题一中，解决了什么问题；应用了什么方法；得到了什么结果。

问题二中，解决了什么问题；应用了什么方法；得到了什么结果。

问题三中，解决了什么问题；应用了什么方法；得到了什么结果。

结尾段：可以总结下全文，也可以介绍下你的论文的亮点，也可以对类似的问题进行适当的推广。

关键词: 关键词一 关键词二 关键词三

一、问题重述

在无人机集群飞行的过程中，采用了纯方位无源定位的方法来保持无人机集群的编队队形。纯方位无源定位方法如下：编队中选择几架无人机发射信号，其余无人机接受信号，约定该无人机与任意两家发射方无人机连线之间的夹角信息是接收方无人机接收到的信息。所有无人机都有各自的固定编号且相对位置保持不变。同时为了避免外界的干扰，无人机飞行过程中应尽量避免信号的收发。为了帮助无人机定位并且调整位置，我们需要针对以下两个情形建立数学模型完成以下任务：

情景1: 10架无人机组成圆形编队，1架位于圆心，另外9架均匀分布于圆周上。

1. 编号已知且位置无偏差的圆心无人机和另外2架无人机向其他无人机发送信号，建立接收信号无人机定位模型。
2. 位置已知、编号为FY00和FY01的无人机发射信号，寻找能够满足有效无人机定位需要的额外发送编号未知无人机最少数量。
3. 当初始时刻无人机位置略有偏差时，在至多只能选择圆心无人机以及另外3架无人机发送信号的限制下，寻找调整到理想位置的策略并以表1的数据进行模拟。

情形2: 无人机集群编队队形为锥形编队队形，线上相邻两架无人机间距相等。

1. 通过建立的模型得到相应的无人机位置调整策略

二、问题分析

2.1 问题一的分析

从实际问题到模型建立是一种从具体到抽象的思维过程，问题分析这一部分就是沟通这一过程的桥梁，因为它反映了建模者对于问题的认识程度如何，也体现了解决问题的雏形，起着承上启下的作用，也很能反应出建模者的综合水平。

这部分的内容应包括：题目中包含的信息和条件，利用信息和条件对题目做整体分析，确定用什么方法建立模型，一般是每个问题单独分析一小节，分析过程要简明扼要，不需要放结论。

建议在文字说明的同时用图形或图表（例如流程图）列出思维过程，这会使你的思维显得很清晰，让人觉得一目了然。

（注意：问题分析这一部分放置的位置比较灵活，可以放在问题重述后面作为单独的一节(见到的频率最高)，也可以放在模型假设和符号说明后面作为单独的一节，还可以针对每个问题将其写在模型建立中。）

这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容

2.2 问题二的分析

这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容

2.3 问题三的分析

这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容

三、模型假设

以下是6类常见的模型假设：1.题目明确给出的假设条件 2.排除生活中的小概率事件(例如黑天鹅事件、非正常情况) 3.仅考虑问题中的核心因素，不考虑次要因素的影响 4.使用的模型中要求的假设 5.对模型中的参数形式(或者分布)进行假设 6.和题目联系很紧密的一些假设，主要是为了简化模型

这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容这是你的内容

四、符号说明

| 符号 | 说明 | 单位 |
|--------|---------------|----|
| \int | 积分符号 | |
| w_0 | 区分高峰和低峰的一个临界值 | |
| M_t | 简单移动平均项 | |

本部分是对模型中使用的重要变量进行说明，一般排版时要放到一张表格中。

注意：第一：不需要把所有变量都放到这个表里面，模型中用到的临时变量可以不放。第二：下文中首次出现这些变量时也要进行解释，不然会降低文章的可读性。

五、模型的建立与求解

(注意：这个部分里面的标题可根据你的论文内容进行调整，我这里给的是一个通用的模版)

5.1 问题一模型的建立与求解

5.1.1 模型的建立

模型建立是将原问题抽象成用数学语言的表达式，它一定是在先前的问题分析和模型假设的基础上得来的。因为比赛时间很紧，大多时候我们都是使用别人已经建立好的模型。这部分一定要将题目问的问题和模型紧密结合起来，切忌随意套用模型。我们还可以对已有模型的某一方面进行改进或者优化，或者建立不同的模型解决同一个问题，这样就是论文的创新和亮点。

5.1.2 模型的求解

把实际问题归结为一定的数学模型后，就要利用数学模型求解所提出的实际问题了。一般需要借助计算机软件进行求解，例如常用的软件有Matlab, Spss, Lingo, Excel, Stata, Python等。求解完成后，得到的求解结果应该规范准确并且醒目，若求解结果过长，最好编入附录里。（注意：如果使用智能优化算法或者数值计算方法求解的话，需要简要阐明算法的计算步骤）

5.2 问题二模型的建立与求解

5.3 问题三模型的建立与求解

注意到理想情况下FY01,FY04,FY07构成一个等边三角形，FY00是它的中心。第一步我们将固定FY00和FY01，通过反复调整FY04和FY07，使得FY01,FY04,FY07构成以FY00为中心的等边三角形。下面的定理保证了这样调整进行得很快。

Theorem 1 (等边三角形定理). 设 $O = (0, 0)$, $C = (1, 0)$, $A^{(0)} = (1 + \Delta, -\frac{2\pi}{3} - \delta) \in \mathbb{R}^{\geq 0} \times S^1$. 用如下递归的方式构造点列 $\{B^{(i)}\}_{i \geq 1}$, $\{A^{(i)}\}_{i \geq 1}$: $B^{(i)} = (r_B^{(i)}, \theta_B^{(i)})$, $\theta_B^{(i)} \in (\frac{\pi}{2}, \pi)$ 是第二象限中满足 $\angle CB^{(i)}O = \angle OB^{(i)}A^{(i-1)} = \frac{\pi}{6}$ 的点, $A^{(i)} = (r_A^{(i)}, -\theta_A^{(i)})$, $\theta_A^{(i)} \in (\frac{\pi}{2}, \pi)$ 是第三象限中满足 $\angle CA^{(i)}O = \angle OA^{(i)}B^{(i)} = \frac{\pi}{6}$ 的点(接下来构造 $B^{(i+1)}, A^{(i+1)}$). 则

$$\begin{aligned} r_A^{(i)} &= 1 + o((|\Delta| + |\delta|)^{(i)}), \quad r_B^{(i)} = 1 + o((|\Delta| + |\delta|)^{(i-1)}), \\ \theta_A^{(i)} &= \frac{2\pi}{3} + o((|\Delta| + |\delta|)^{(i)}), \quad \theta_B^{(i)} = \frac{2\pi}{3} + o((|\Delta| + |\delta|)^{(i-1)}). \end{aligned} \quad (1)$$

利用有限维 *Banach* 空间的范数等价性，有序列 $A^{(i)}, B^{(i)}$ 分别依2-范数超线性收敛到 (*converge superlinearly under Euclidean norm to*) $(1, -\frac{2\pi}{3}), (1, \frac{2\pi}{3})$.

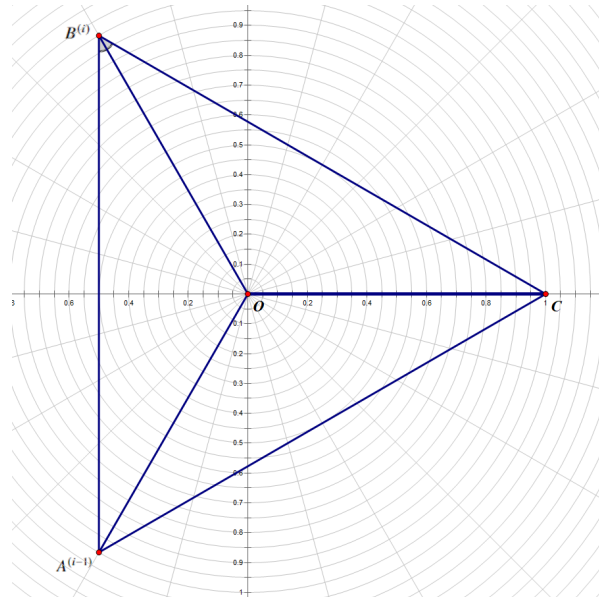


Figure 1: 从 $A^{(i-1)}$ 构造 $B^{(i)}$ 的过程

Proof. 不妨设 $r_A^{(i-1)} = 1 + \Delta_A^{(i-1)}$, $\theta_A^{(i-1)} = \frac{2\pi}{3} + \delta_A^{(i-1)}$. 根据几何关系, 有

$$r_A^{i-1} \sin(\theta_B^{(i)} + \theta_A^{(i-1)} - \frac{7\pi}{6}) = \sin(\frac{5\pi}{6} - \theta_B^{(i)}) = \frac{1}{2} r_B^{(i)}.$$

做 Taylor 展开, 忽略一阶小就有

$$\theta_B^{(i)} = \frac{2\pi}{3} - \frac{1}{2} \delta_A^{(i-1)} - \frac{\sqrt{3}}{6} \Delta_A^{(i-1)} + o(|\Delta_A^{(i-1)}| + |\delta_A^{(i-1)}|), \quad r_B^{(i)} = 1 + \frac{\sqrt{3}}{2} \delta_A^{(i-1)} + \frac{1}{2} \Delta_A^{(i-1)} + o((|\Delta_A^{(i-1)}| + |\delta_A^{(i-1)}|)).$$

利用旋转对称性, 可得

$$\begin{aligned} \theta_A^{(i)} &= \frac{2\pi}{3} - \frac{1}{2}(-\frac{1}{2} \delta_A^{(i-1)} - \frac{\sqrt{3}}{6} \Delta_A^{(i-1)}) - \frac{\sqrt{3}}{6}(\frac{\sqrt{3}}{2} \delta_A^{(i-1)} + \frac{1}{2} \Delta_A^{(i-1)}) + o(|\Delta_A^{(i-1)}| + |\delta_A^{(i-1)}|) \\ &= o(|\Delta_A^{(i-1)}| + |\delta_A^{(i-1)}|). \end{aligned} \quad (2)$$

同理 $r_A^{(i)} = o(|\Delta_A^{(i-1)}| + |\delta_A^{(i-1)}|)$. 利用数学归纳法可得结果. \square

六、模型的分析与检验

模型的分析与检验的内容也可以放到模型的建立与求解部分, 这里我们单独抽出来进行讲解, 因为这部分往往是论文的加分项, 很多优秀论文也会单独抽出一节来对这个内容进行讨论。

模型的分析: 在建模比赛中模型分析主要有两种, 一个是灵敏度(性)分析, 另一个是误差分析。灵敏度分析是研究与分析一个系统(或模型)的状态或输出变化对系统参数或周围条件变化的敏感程度的方法。其通用的步骤是: 控制其他参数不变的情况下, 改变模型中某个重要参数的值, 然后观察模型的结果的变化情况。误差分析是指分析模型中的误差来源, 或者估算模型中存在的误差, 一般用于预测问题或者数值计算类问题。

模型的检验: 模型检验可以分为两种, 一种是使用模型之前应该进行的检验, 例如层次分析法中一致性检验, 灰色预测中的准指数规律的检验, 这部分内容应该放在模型的建立部分; 另一种是使用了模型后对模型的结果进行检验, 数模中最常见的是稳定性检验, 实际上这里的稳定性检验和前面的灵敏度分析非常类似。

七、模型的评价、改进与推广

注: 本部分的标题需要根据你的内容进行调整, 例如: 如果你没有写模型推广的话, 就直接把标题写成模型的评价与改进。很多论文也把这部分的内容直接统称为“模型评价”部分, 也是可以的。

7.1 模型的优点

优缺点是必须要写的内容, 改进和推广是可选的, 但还是建议大家写, 实力比较强的建模者可以在这一块充分发挥, 这部分对于整个论文的作用在于画龙点睛。

7.2 模型的缺点

缺点写的个数要比优点少

7.3 模型的改进

主要是针对模型中缺点有哪些可以改进的地方[1];

7.4 模型的推广

将原题的要求进行扩展[2], 进一步讨论模型的实用性和可行性[3]。

References

- [1] Hannes Risken. Fokker-planck equation. In *The Fokker-Planck Equation*, pages 63–95. Springer, 1996.
- [2] OE5889510996 Rossler. An equation for hyperchaos. *Physics Letters A*, 71(2-3):155–157, 1979.
- [3] HP McKean Jr. Nagumo's equation. *Advances in mathematics*, 4(3):209–223, 1970.

(所有引用他人或公开资料(包括网上资料)的成果必须按照科技论文的规范列出参考文献, 并在正文引用处予以标注。

常见的三种参考文献的表达方式 (标准不唯一): 书籍的表述方式为: [编号] 作者, 书名, 出版地: 出版社, 出版年月。期刊杂志论文的表述方式为: [编号] 作者, 论文名, 杂志名, 卷期号: 起止页码, 出版年。网上资源(例如数据库、政府报告)的表述方式为: [编号] 作者, 资源标题, 网址, 访问时间。)

附录

| |
|------------|
| 附录1 |
|------------|

| |
|--------------|
| 介绍：支撑材料的文件列表 |
|--------------|

| |
|------------|
| 附录2 |
|------------|

| |
|----------------------|
| 介绍：该代码是某某语言编写的，作用是什么 |
|----------------------|

除了支撑材料的文件列表和源程序代码外，附录中还可以包括以下内容：

- 某一问题的详细证明或求解过程；
- 自己在网上找到的数据；
- 比较大的流程图；
- 较繁杂的图表或计算结果