



2018年美赛A题论文点评

《美国数学建模竞赛》

完整课程请长按下方二维码





理解题意：研究思路



2018 MCM Problem A: Multi-hop HF Radio Propagation: 多跳高频无线电传播

- 背景：在高频（HF，定义为3-30MHz），无线电波可以通过离开电离层和离开地球的多次反射而行进很长距离（从地球表面的一个点到地球表面上的另一个远点）。对于低于最大可用频率（MUF）的频率，来自地面源的HF无线电波将电离层反射回地球，在那里它们可能再次反射回到电离层，在那里它们可能再次反射回地球，等等，随着每个连续的跳跃继续前进。除了其他因素之外，反射表面的特性决定了反射波的强度以及信号最终行进的程度，同时保持有用的信号完整性。而且，MUF随季节，一天中的时间和太阳能条件而变化。
- MUF以上的频率不被反射/折射，而是通过电离层进入太空。
- 在这个问题上，重点是特别关注海洋表面的反射。从经验上发现，在一个平静的海洋上，反射出汹涌的海洋的反射比衰减更多。海洋湍流将影响海水的电磁梯度，改变海洋的局部介电常数和渗透率，改变反射面的高度和角度。汹涌的海洋是波浪高度，形状和频率迅速变化的地方，波浪的行进方向也可能发生变化。



2018 MCM Problem A: Multi-hop HF Radio Propagation: 多跳高频无线电传播

- **问题一：**为海洋信号反射建立一个数学模型。对于一个100瓦的HF恒定载波信号，低于MUF，从陆地上的一个点源，确定从一个湍流海洋的第一反射的强度，并将其与平静海洋的第一反射的强度进行比较。（注意，这意味着这个信号离开电离层有一个反射。）如果在平静的海洋附近发生附加的反射（2到n），在信号强度降至可用信噪比(SNR)阈值10dB之前，信号能跳的最大跳数是多少？
- **第二部分：**第一部分的研究结果与高山或崎岖地形与光滑地形的HF反射比较如何？
- **第三部分：**穿越海洋的船舶将使用HF进行通信，并接收天气和交通报告。你的模型如何改变，以适应在动荡的海洋上移动的船上接收器？船舶能够使用相同的多跳路径保持多久？
- **第四部分：**写个建议



评判初定：论文摘要



2018 MCM Problem A: Multi-hop HF Radio Propagation: 多跳高频无线电传播

- High frequency (HF) radios can propagate far through the multi-hop, which plays an important role in long distance communications in navigation. The focus of this paper is to study the loss rate of HF radios off the ocean surface.
- 高频无线电波可以通过多次跳跃传播到很远的地方，在航海的远距离通信中起着重要的作用。本文的研究重点是高频无线电波在海面上传播时的损失率。



2018 MCM Problem A: Multi-hop HF Radio Propagation: 多跳高频无线电传播

- In order to determine the strength of first reflection off the ocean surface, we analyze the dynamic process of HF radio propagation. Based on Maxwell's equations and Fresnel's formula, the Calm Ocean Surface Absorption Model (COSAM) and Turbulent Sea Surface Absorption Model (TSSAM) are built to analyze the loss factors of the ocean surface with different roughness. According to the results of computer simulation, we find that the strength of the first reflection off a turbulent ocean is much smaller than the calm ocean. The maximum number of hops is 22 before signal-to-noise ratio (SNR) threshold decline to 10 dB.
- 为了确定海洋表面的第一次反射强度，我们分析了高频无线电传播的动态过程。基于麦克斯韦方程和菲涅耳公式，建立平静海面吸收模型和湍流海面吸收模型来分析不同粗糙度海面的无线电损失因素。根据计算机模拟的结果，我们发现湍流海洋的第一次反射强度比平静海洋的第一次反射强度小得多。在信噪比阈值降至10db之前，信号最大跳跃次数是22。



2018 MCM Problem A: Multi-hop HF Radio Propagation: 多跳高频无线电传播

- Then, the Smooth Terrain Loss Model (STM) is set up to measure the loss coefficient of smooth ground. We defined a rough correction factor to determine the loss factor in the rugged region. Through computer simulation, we find that HF radio losses more in rough terrain at effective elevation angles. Comparing with the findings in Part I, the land absorbs more radio waves than the ocean.
- 然后，建立平滑地形损失模型 (STM) 来计算平滑地面的损失系数。我们定义一个粗略的修正系数，用它对平滑地面的损失系数进行修正后得到崎岖地区的损失系数。通过计算机模拟，我们发现在有效高程角的粗糙地形中高频无线电损耗更大。与第一部分的研究相比，陆地比海洋吸收的无线电波更多。



2018 MCM Problem A: Multi-hop HF Radio Propagation: 多跳高频无线电传播

- Next, the Rocking Ship Model (RSM) is presented to enable our model accommodate a shipboard receiver moving on a turbulent ocean. Sway of the ship in the vertical direction has greater loss of electromagnetic waves. According to the trigonometric function, we established a signal distance model. The range of the time for ship remain in communication is 4 hours to 48 hours.
- 接下来，我们提出了摇摆船模型(RSM)，使我们的模型能够适应于在湍流海洋中移动的船载接收器。我们研究发现，船舶在垂直方向上的摇摆具有较大的电磁波损耗。根据三角函数我们建立了信号距离模型。得到船舶保持通信的时间范围为4小时至48小时。

2018 MCM Problem A: Multi-hop HF Radio Propagation: 多跳高频无线电传播



- Furthermore, we conducted a sensitivity analysis of the model in Part I. The result shows that the strength of the first reflection off ocean surface is sensitive to changes of electron concentration and insensitive to ionospheric height. According to these observations, we further improved our model by considering the ionosphere electron concentration factor. Finally, we analyzed our results, summarized the reasons and prepared a short synopsis of our results suitable for publication as a short note in IEEE Communications Magazine.
- 此外，我们对第一部分的模型进行了敏感性分析。结果表明，海洋表面的第一次反射强度对电子浓度变化敏感，对电离层高度不敏感。根据这些观测结果，我们通过考虑电离层电子浓度因子进一步改进了我们的模型。最后，我们分析了我们的结果，总结了原因，并准备了一个简短的摘要，使我们的结果适合发表在IEEE通信杂志上。



分数核定：论文内容



论文详细点评请见视频

《美国数学建模竞赛》

完整课程请长按下方二维码

