

生存还是死亡:移动的鱼和渔业

随着全球海洋温度的上升, 苏格兰鲑鱼和鲭鱼可能会从目前苏格兰附近的栖息地迁移出去, 这无疑是对苏格兰渔业的巨大打击。作为苏格兰北大西洋渔业管理协会聘请的特别顾问, 我们将对这一情况进行深入分析。

第一个问题是确定未来五十年鲑鱼和鲭鱼的迁徙路线。我们在 NOAA 上搜索了 1980 年至 2019 年的大西洋数据。考虑到海洋深度、温度、盐度、含氧量和 pH 值, 进行了一系列的数据处理:预处理, 在温度和时间之间进行拟合, 并在温度、纬度和经度之间进行插值。得到中间结果数据, 并以三维图像和等高线的形式直观显示。观察轮廓线的变化, 根据鲑鱼和马鲛鱼不同的生活习惯, 粗略选择离散的迁移点。然后, 选取位置坐标, 通过最小二乘法进行拟合, 得到鲑鱼、马鲛鱼的迁移路线, 并以图像的形式直观地展示出来。结果被放置在文本中。

在最好和最坏的情况下, 鲑鱼和鲭鱼离开渔业公司的集水区需要获得的时间。首先, 将温度变化分为快速生长、缓慢生长、保持稳定、缓慢下降、快速下降五种形式, 并为这五种情况设定了速率。然后利用马尔可夫模型计算每个地点的每个时间点的温度处于每个状态的概率。利用这些概率和温度的初始数据, 结合这两条鱼的生活习惯, 就可以知道温度恶化的最快和最慢。此外, 还得出两种鱼在两种情况下与苏格兰的分离程度。最后结合渔船的最大捕鱼范围得到结果。最好的情况是渔船的捕捞范围在 2050 年被超过, 概率为 21.91%。最坏的情况是 2032 年渔船超出捕鱼范围, 概率为 30%。

根据之前的分析, 渔业公司无疑需要做出改变。我们收集了苏格兰 25 个港口的位置数据。为了减少损失, 提高捕捞能力, 渔业公司需要搬迁到离鱼群更近的港口, 并引进新的渔船。我们提出了两个方案, 方案 A:未来 50 年, 选择与鱼群平均距离最近的港口, 然后将公司搬迁到离鱼群最近的港口附近。我们得到的港口是奥克尼, 2020 年需要新的渔船。方案 B:综合考虑捕捞范围和搬迁损失。我们通过每十年搬迁一次得到 6 个搬迁地址, 放在正文中, 他们需要到 2050 年购买新的渔船。

根据《联合国海洋法公约》, 未经许可在别国领海捕鱼是非法的, 所以我们需要计算两条鱼在别国领海停留的年数。根据问题 1 中的洄游路径, 我们可以发现这两条鱼可能已经进入了冰岛和挪威的领海。然后我们收集了冰岛和挪威的领海数据, 利用马尔可夫距离模型估计:青鱼在冰岛领海停留了 29 年。鲭鱼在挪威领海停留了 11 年。这显然会对苏格兰渔业产生巨大影响, 所以要想走出目前的困境, 应该通过与其他国家的友好协商。**关键词:鱼类种群迁移;Macleaf 模型;预测**



关注数学模型
获取更多资讯

内容

1 介绍	1
1.1 背景	1
1.2 问题重述	1
1.3 模型制备	2
2 假设和理由	3.
三个符号	4
离开家:未来 50 年鱼会在哪里?.....	4
4.1 近年来海洋温度是如何上升的?.....	4
4.2 苏格兰鲱鱼和鲭鱼	5
5 苏格兰渔业危机的到来	11
5.1 麦克利夫模型:鱼正在游出捕鱼公司的控制.....	11
5.2 最佳和最坏情况做准备	12
苏格兰渔业的生存正在发挥作用!.....	13
6.1 为了鱼,把公司徘徊	13
6.2 我们购买了新的渔船,有冷藏设备.....	15
6.3 综合业务战略	16
7 不可抗力:不能偷别人小鱼	17
7.1 进入另一个国家的领海是不允许的	17
7.2 友好交流与合作在钓鱼	18
8 误差分析和敏感性分析	19
8.1 模型的评估	19
9 模型评估和进一步的讨论	20.
9.1 模型的评估	20.
9.1.1 模型的优势	20.
9.1.2 模型的缺点	20.
9.2 模型的推广	20.
参考文献	20.
附录	23

有道文档翻译
pdf.youdao.com



关注数学模型
获取更多资讯

1 介绍

1.1 背景

海洋吸收了大量的热量，这是大气中温室气体浓度增加的结果，主要是由于化石燃料的消耗。2013 年政府间气候变化专门委员会(IPCC)发布的第五次评估报告显示，自上世纪 70 年代以来，海洋吸收了温室气体排放产生的多余热量的 93% 以上。这导致海洋温度上升。

美国国家海洋和大气管理局(NOAA)的数据显示，在过去的 100 年里，全球海洋表面平均温度(海洋上部几米的温度)每十年增加约 0.13°C 。

海洋覆盖了地球表面近 71% 的面积($3.6 \times 10^8 \text{km}^2$)，占生物圈体积的 95% 以上。在过去的二三十年里，人类活动导致了海水温度和组成的变化。例如，1961 年至 2003 年，700 米以上的海洋表面温度升高了约 0.1°C 。20 世纪 50 - 80 年代，南大洋温度升高了 0.17°C ，几乎是整个海洋平均温度上升幅度的两倍。海洋生物往往生活在温度相对稳定的环境中，因此对温度的变化更加敏感。温度变化对海洋生物的生存、代谢、繁殖、发育和免疫反应都有重要影响，即使温度稍有升高，海洋生物也可能容易受到影响。

1.2 问题重述

全球海洋温度的上升导致某些海洋生物从它们的栖息地迁移到其他适合它们生存和繁殖的地方。苏格兰北大西洋渔业管理联盟希望建模团队能够帮助解决这个问题，因为这种迁移可能会影响一些小型渔业公司的生计。请帮助分析苏格兰鲑鱼和鲭鱼种群分布可能发生的变化，以便让这些渔业公司在渔船上没有冷藏设备的情况下也能生存。

(1)如果由于水温的大幅变化而发生人口迁移，建立数学模型，帮助分析未来 50 年苏格兰鲑鱼和鲭鱼可能生活的地方

(2)如果这些捕鱼公司的经营岗位保持不变，请预测由于鱼类洄游导致活动超过其捕捞能力所需的时间，并分别给出最好和最坏的情况。

(3)请根据预测和分析的结果判断该渔业公司是否需要改变经营模式。如果需要，请帮助制定经营策略(包括搬迁渔业公司，使用更先进的渔船，或其他合理的选择)。如果不是，请给出理由。

请帮忙分析一下这个问题。如果按照上述设计的方案，捕捞公司的捕捞范围已经进入了其他国家的领海，这个方案会有什么影响？

(5)为了向渔民介绍鱼类洄游问题的严重性和



关注数学模型
获取更多资讯

推广以上解决方案，请为杂志准备一篇一到两页的文章。**1.3 模型准备**

(1) 苏格兰及其周边水域地图

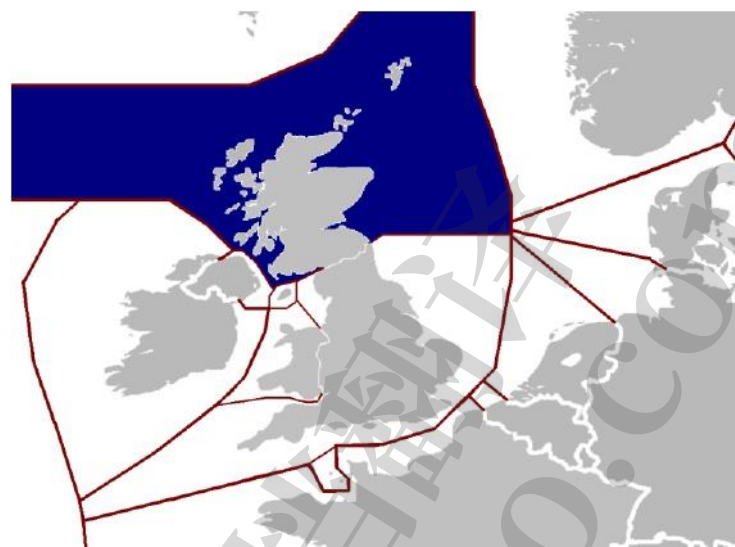


图 1 苏格兰地图

不列颠群岛专属经济区及周边国家地图。英国内部边界用细线表示。苏格兰的专属经济区用蓝色标出。

(2) 鲑鱼和鲭鱼的生活习性

和人类一样，鱼也有一定的温度范围，使它们最舒适。但因为鱼不能通过增加或移除几层衣服来保持舒适，所以它们唯一的选择就是在温度过高或过低时转移到另一个区域。鱼本质上是冷血动物，这意味着它们体内无法调节体温。这使得它们非常容易受到水温快速波动的影响。温度的突然下降可能会阻止许多鱼移动甚至死亡，它们必须被转移到另一个区域。温度的微小变化会影响鱼的行为。一般情况下，苏格兰附近鲭鱼的生存温度为 $8^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C}$ ，鲑鱼的生存温度为 $12^{\circ}\text{C} \sim 18^{\circ}\text{C}$ 。

捕捞鲑鱼和鲭鱼的渔民一般下潜到水下 146 米；鲭鱼的深度从水面到水下 100 英里，至少在我们北大西洋这一侧。北海鲑鱼在秋季有时能生存到 200 米的深度。

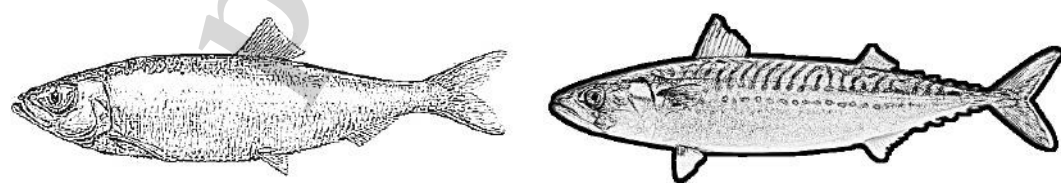


图 2 鲑鱼和鲭鱼



关注数学模型
获取更多资讯

(3) 苏格兰渔港位置



图 3 苏格兰渔港地图

图中的方块表示苏格兰的各个行政区域。苏格兰的海岸线标志着每个行政区域管辖范围内的多个港口。图中彩色的点是苏格兰渔港的位置。

(4)小渔船的活动时间

这些渔船可以在没有陆地支持的情况下作业一段时间,同时仍能保证渔获的新鲜度和质量。一般情况下,渔船上都配备了冷藏设备,可以将深海鱼类保鲜3~4天;而没有冷藏设备的船舶,则会用咸鱼来保存新鲜海鱼1.5天。

小渔船速度:在风浪条件下,渔船在海上的平均航行速度为 10(节),约等于 18.52(公里/小时)。

2 假设与论证

(1)假设鱼的适宜生存温度总是恒定的,鱼不会因为环境的变化而发生突变。

(2) 鲭鱼和鲱鱼有聚集的习惯。至少在整个迁徙过程中，它们都是这样的。所以，我们假设在一个鱼群中，只要遵循鱼群的迁徙路线，所有的鱼都可以被收获；

(3)假设鱼群的速度是恒定的,并且一直以平均速度航行,没有停止或加速。

(4)假设小型渔船的保鲜能力是恒定的。对于有冷藏设备的船舶,两鱼的保鲜时间相同,对于没有冷藏设备的船舶,两鱼的保鲜时间相同。



关注数学模型
获取更多资讯

三个符号

表 1 符号和说明

象征	描述
$P_k (k = 1,2 \dots n)$	最小二乘法中的多项式待定系数
$B_i (i = 1,2 \dots n)$	各地点在不同年份的变化率阶段
C_{ij}	从一步过渡状态的事件数
\overline{C}	系统中的状态数
E	一步转移概率矩阵
	协方差矩阵
$\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p)^T$	总体 C 的均值向量为 μ
$d^2(x, G) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_G)^2$	Mahalanobis 距离与 G 之间的距离

4 离开家:未来 50 年鱼会在哪里?

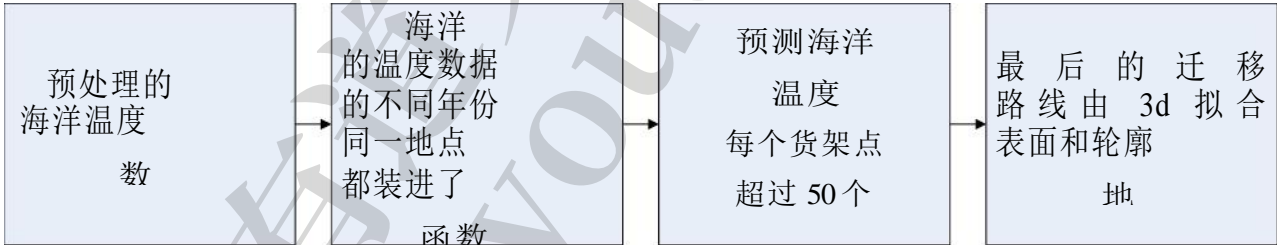


图 4 流程图

4.1 近年来海洋温度是如何上升的?

近年来，整个地球都在变暖，海洋温度逐渐升高。原本在苏格兰沿海舒适生活的鲱鱼和鲭鱼种群，感受到了周围的这种变化，被迫迁移到比现在栖息地更冷的北部水域。为了研究苏格兰鲱鱼和鲭鱼未来可能迁移的地方，我们搜索了 1980 年至 2019 年的全球海洋温度数据。这些数据是权威和可靠的，因为它们来自 NOAA。^[1] 这些数据很多是我们不需要的，所以我们做了大量的处理，整理出了有效的数据。下面通过实例简单介绍一下整理出来的有效数据的含义:

表 2 数据表示例

ISO_	Lat-	Long-	年月日时间深度(m)温度 Sal 氧 PH 国家度
------	------	-------	---------------------------

Gb 58.53 -14 1980 5 6 0 299 8.7 35.31 6.35 8.23

上表中的这组数据显示了一个纬度为 58.53 度的位置，a
经度-14 度，深度 299 米。1980 年 5 月 6 日 0 时，这海水的盐度



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

位置为 35.31，氧 6.35,pH 8.23。位置在 GB(大不列颠及北爱尔兰联合王国)领海内。

因为我们需要研究特定区域的相关问题，然后从上述有效数据中选择与此解决方案相关的数据。我们首先选取了苏格兰周边海域(包括但不限于北大西洋、北海、挪威海)的数据，然后根据鲱鱼、鲭鱼的习性来确定适宜的生存深度。另外，数据中有很多明显违背事实的无效数据，我们需要过滤掉。根据以上思路，筛选标准可以制定如下：

$$\begin{aligned} & -44 \leq \text{经度} \leq 10 \\ & 51 \leq \text{latitude} \leq 71 \\ & \text{depth} \neq -99.99 \\ & \left\{ \begin{array}{l} \text{Temp} \neq -99.99 \\ \text{Sal} \neq -99.99 \end{array} \right. \\ & \text{Oxy} \neq -99.99 \\ & \text{ph} \neq -99.99 \end{aligned}$$

筛选后的数据量仍然巨大，因为测量单位每天每隔几个小时测量一次或几次。如果我们直接对这些大量的数据进行分析，会给我们的工作带来繁重的任务。因为我们分析的是未来 50 年鱼类可能洄游的地方。显然，几个小时的温度变化对于 50 年来说太小了，所以我们把大量以小时为单位的数据作为以年为单位的数据进行排序和计算。这个过程可能会造成误差，但这个可以忽略不计。为了方便、更批量地处理这些数据，我们编写了一个 MATLAB 程序来做这项工作(源程序见附录 1)。

通过上述一系列复杂但有意义的预处理工作，我们获得了苏格兰附近海域以及适合鲱鱼和鲭鱼生活的海域的海洋温度数据，可以用来分析课题。这些数据清晰直观。它们是从 1980 年开始的一系列不同经纬度位置的数据，从 2019 年到 2019 年的 40 年。每一组数据都以年份为自变量，以海洋温度为因变量。

4.2 苏格兰鲱鱼和鲭鱼在移动

利用上述经过大量处理的数据，我们可以预测未来 50 年苏格兰周围水域不同位置的海洋温度。由于太阳辐射(纬度位置)、大气环流、海陆位置、地形和洋流的影响，它们在同一年度的温度可能会有很大的变化。但它们也会相互影响，所以同一年的不同点是有关联的。在不同的年份，同一地点通常不会有很大的地理变化，但会因为各种因素(比如本解决方案中描述的全球变暖问题)而发生变化，所以不同年份的同一地点点也有联系。基于我们已有的数据和要解决的问题，分析不同年份相同区位点之间的关系，是一个非常明智的选择。因此我们编写了 MATLAB 程序(源程序见附录 2 和 3)来执行以下任务：

- (1)把同一地点不同年份的温度数据放在一起。



关注数学模型
获取更多资讯

- (2)如果一个地点的数据量不到总年限的一半(即 40 年、20 年的一半), 那么这个地点就被丢弃了, 因为它可能不具有代表性。
 - (3)获得整理后的数据后, 对同一地点不同年份的海洋温度数据进行拟合, 得到一个函数; 之后, 重复计算, 得到我们拥有的数据中所有位置点的拟合函数。
 - (4)通过每个位置的拟合函数预测未来 50 年每个位置的海洋温度。
 - (5)根据年份输出本年度(2020 年)和未来每 10 年的数据。每年的数据包含了所有的计算点数。
- 所有这些任务都是通过 MATLAB 程序自动完成的, 非常方便快捷。

下一步就是通过 54 个代表性职位, 解决当年整个研究范围内所有职位的温度情况。我们使用了插值模型。我们比较了基于三角形的线性插值(默认算法)、基于三角形的三次插值、最近邻插值法和 MATLAB 中的 gridata 算法。最后, 我们利用 MATLAB 中的 gridata 算法, 获得了 1980 - 2070 年的全年数据。苏格兰周围海域的温度变化。为了更直观, 我们使用 3D 表面和等高线地图来展示结果。(源程序见附录 4)

根据温度等值线图和青鱼、马鲛鱼的生活习性, 可以大致绘制出青鱼、马鲛鱼各自的迁徙路线, 收集数据点, 用最小二乘法拟合多项式, 得到最终的迁徙路线。

根据资料 [2] 我们发现, 青鱼的适宜生存温度为 12-18 摄氏度, 鲭鱼的适宜生存温度为 8-16 摄氏度。对产量年份的数据进行分析, 根据最适合青鱼和鲭鱼生活的温度, 并尽可能靠近苏格兰海岸, 确定鱼类最可能洄游的地点。

下图是拟合得到的 1980 - 2070 年的温度三维分布图:

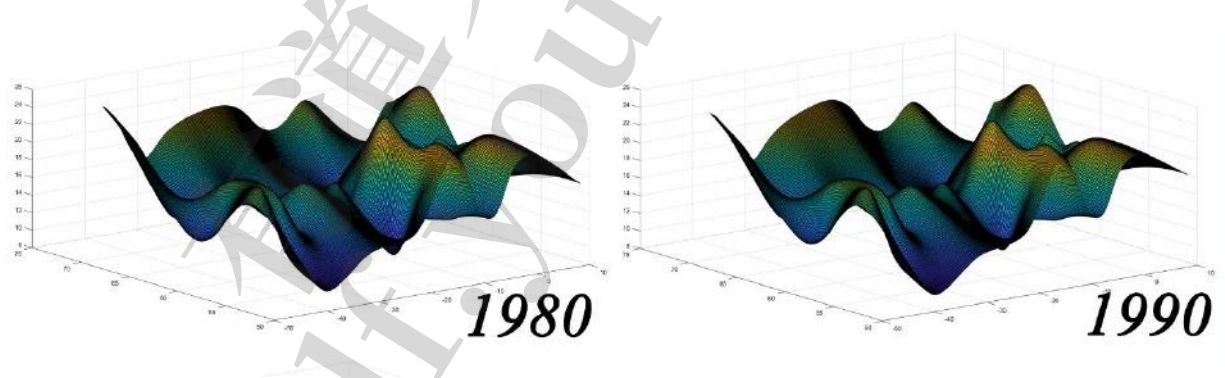


图 5 每 10 年海洋温度三维图(第一部分)



关注数学模型
获取更多资讯

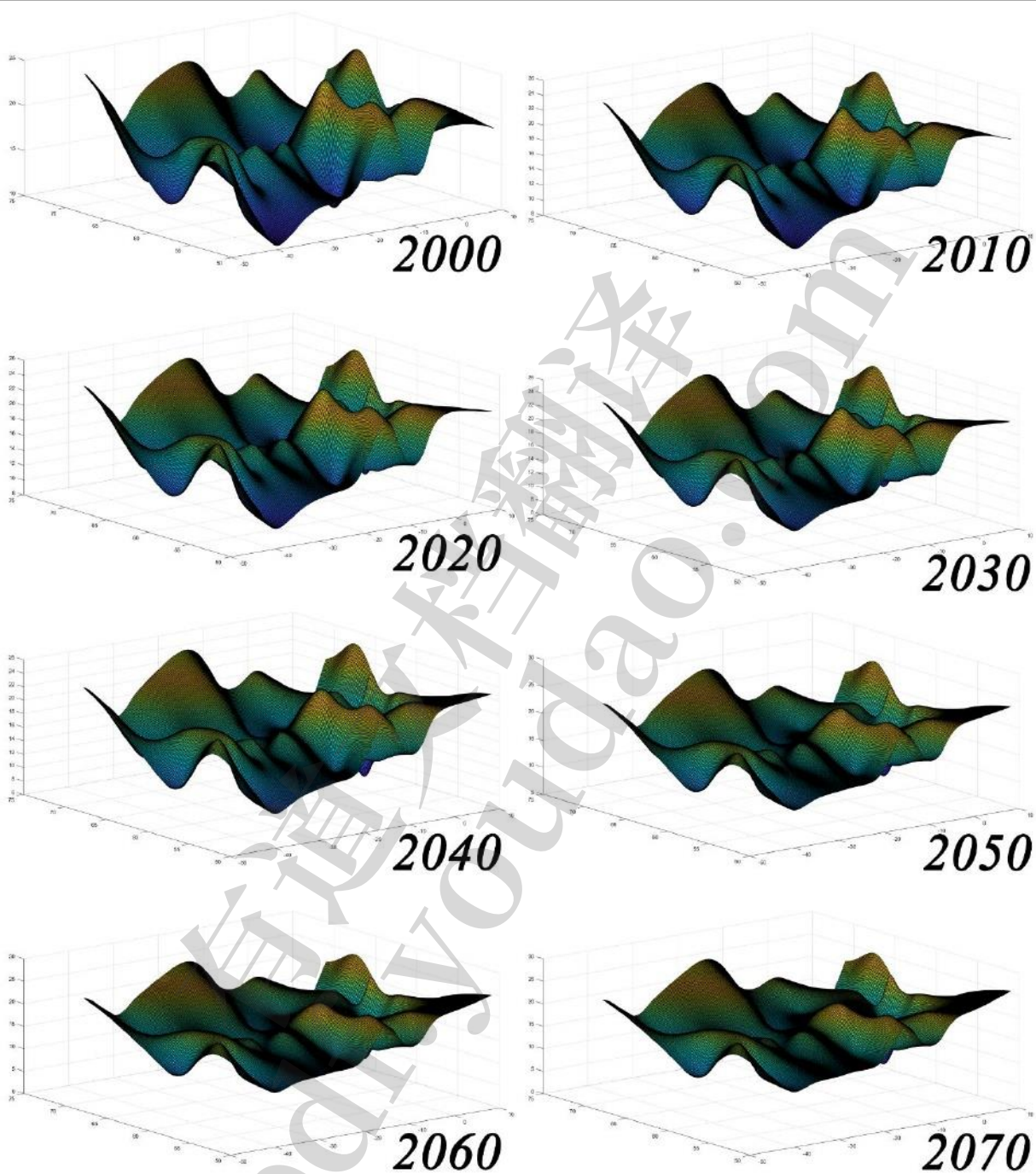


图6 每 10 年海洋温度三维图形(二)

通过 MATLAB 程序，我们还获得了 1980 - 2070 年各地点的温度等值线图，并处理了以下示意图(其中较亮的颜色表示较高的温度)。



关注数学模型
获取更多资讯

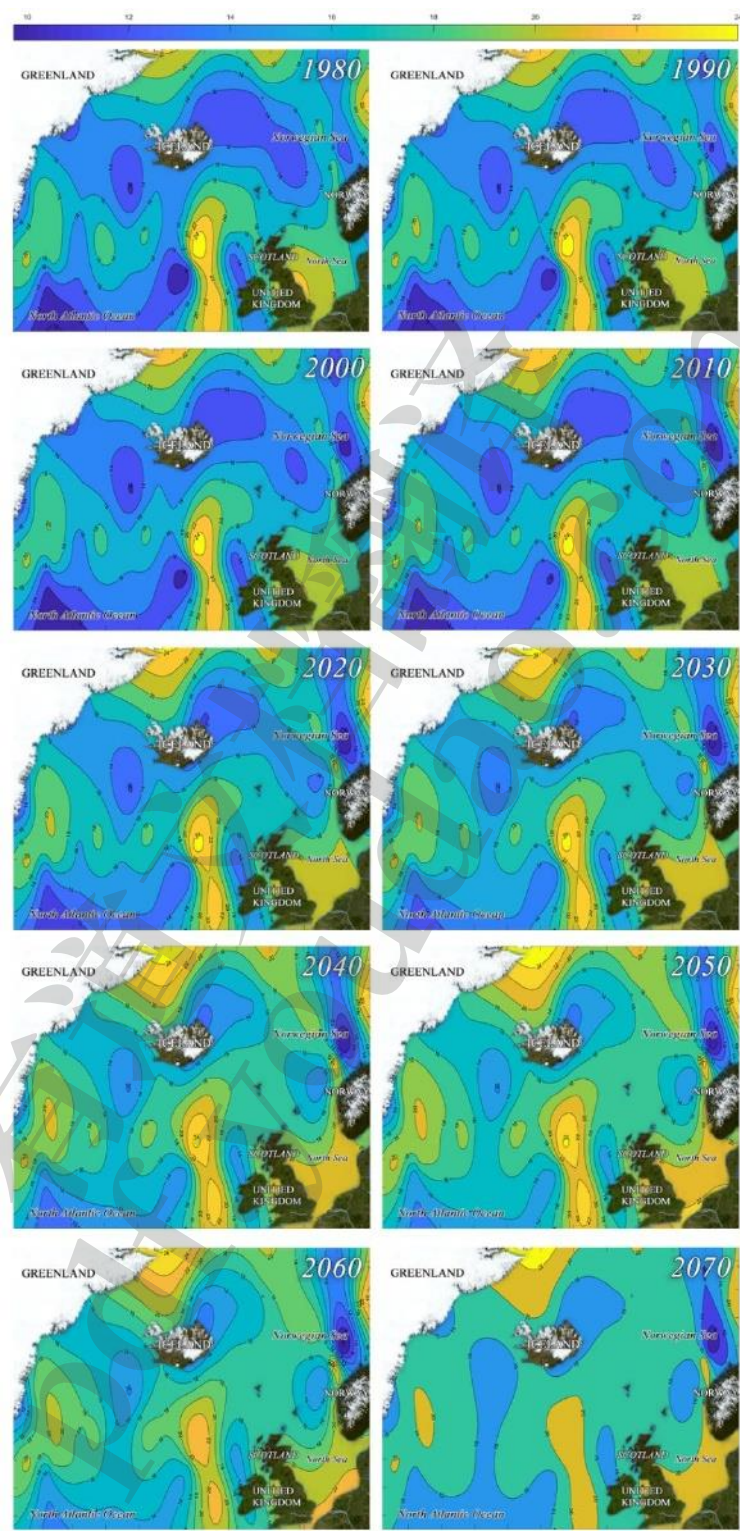


图 7 每 10 年海洋温度等值线图

通过观察三维图像和等高线图，收集数据点，根据最小二乘法原理进行多项式拟合。
最小二乘法原理如下：



关注数学模型
获取更多资讯

集合多项式形式:

$$y=f(x)=[p_1,p_2,\cdots,p_k]\begin{bmatrix}1\\x\\\vdots\\x^k\end{bmatrix}$$

识别离散数据:

$$(x_i,y_i)|i=0,1,2,\cdots,n$$

限制因素:

$$\begin{cases} F(p_1,p_2,\cdots,p_k)=\sum_{i=0}^n(f(x_i)-y_i)^2 \\ \frac{\partial F}{\partial p_1}=0,\frac{\partial F}{\partial p_2}=0,\cdots,\frac{\partial F}{\partial p_k}=0 \end{cases}$$

得到多项式函数 f (x)。

根据上述算法(MATLAB 源程序见附录 8)可以得到鲱鱼和鲭鱼的迁移路线和坐标，如下:

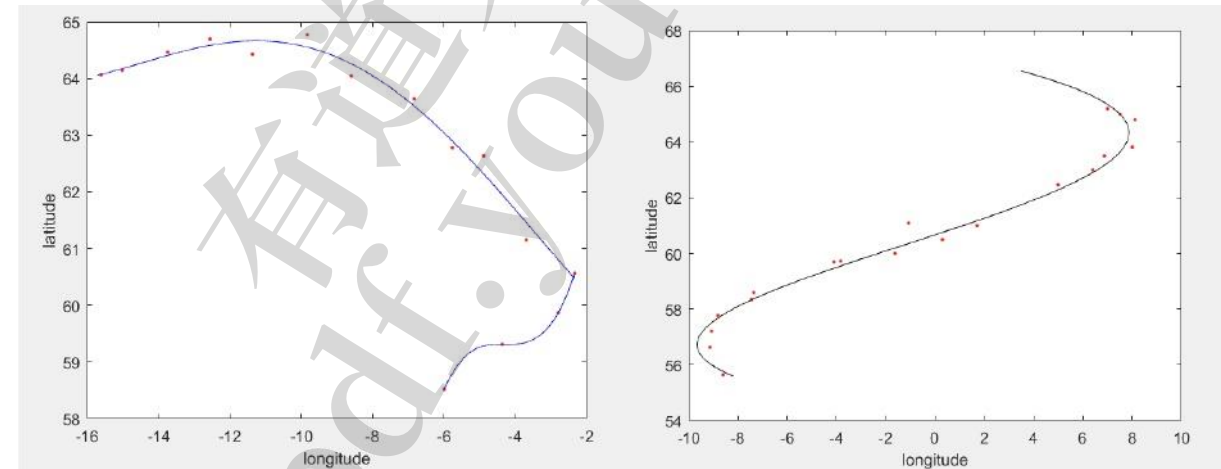


图 8 鲱鱼、马鲛鱼的移动路径拟合曲线

根据上面的拟合曲线，每 10 年获得两种鱼的洄游位置，如下表所示:

表 3 鱼类洄游路径的定位点

鱼的种类	一年	鲱70 鱼
鲱鱼	2020	
鲱鱼	2030	
鲱鱼	2040	
鲱鱼	2050	
鲱鱼	2060	

纬度
60.563569
62.780641
64.044594
64.426622
64.464535
64.140596

经度
-
2
.
3
4
3
2
2
6

-
5
.
7
6
8
5
5
9

-
8
.
5
9
1
6
0
1

-
1
1
.
3
6
0
1
5
5

-
1
3
.
7
3
3
2
0
2

-
1
5
.
0
0
7
6
1
6

海域

北大西洋挪威海挪威
海挪威海北大西洋北
大西洋



关注数学模型
获取更多资讯

鲭鱼 2020 58.598352 -7.361132 北大西洋鲭鱼 2030 59.702432 -
4.109179 北大西洋鲭鱼 2040 61.091528 -1.076953 挪威海鲭鱼 2050
62.462867 4.9875 挪威海鲭鱼 2060 63.500827 6.877149 挪威海鲭鱼
2070 64.803401 8.107618 挪威海

为了便于观察和分析，我们将上述结果进行处理得到
以下轨迹：



图 9 鲱鱼的移动轨迹

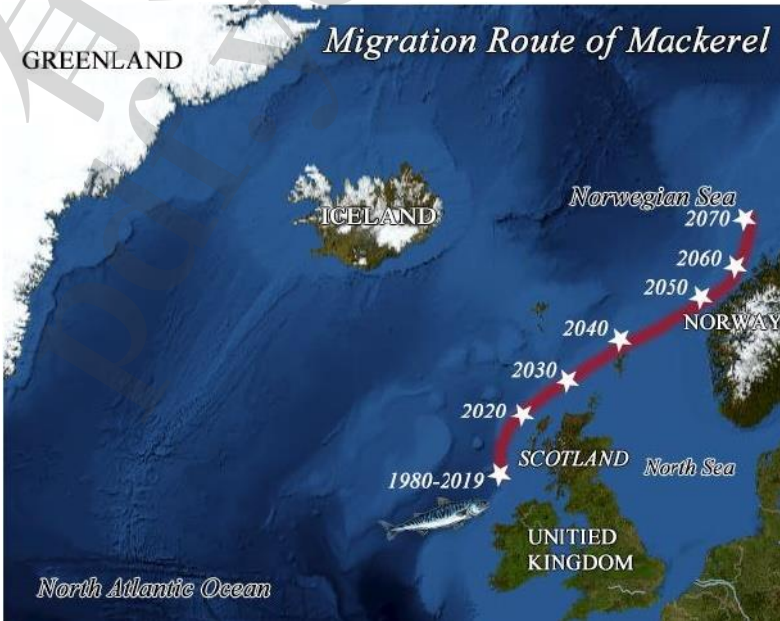


图 10 鲱鱼的移动路径



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

5 苏格兰渔业危机的到来

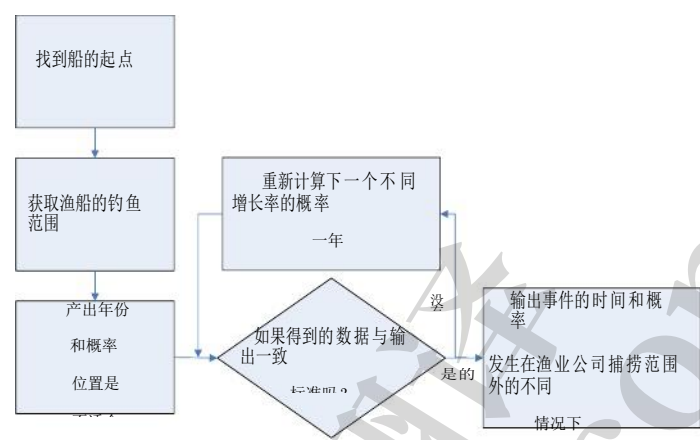


图 11 流程图

5.1 麦克利夫模型:鱼游出了捕鱼公司的控制范围

全球海洋温度的上升正在加速，鲱鱼和鲭鱼也在向北移动。这种变化让苏格兰的小型渔业公司措手不及，因为他们的渔船上没有冷藏设备。这几乎使他们无法捕获远处的鱼并保持新鲜。然而，由于种种因素，这些渔业公司也必须在原址经营自己的产业。虽然鱼类资源离渔业公司越来越远，但暂时还是在渔业公司的捕捞范围内。随着海洋温度的持续上升，鱼群最终会游出渔业公司的控制圈。为了帮助企业了解渔业的现状，我们帮助他们预测鱼群何时会超出自己的控制范围。这个时间的到来可能很慢，也可能很快，这是由海洋温度上升的速度决定的。因此，我们选择了马克·里夫(Mark Reeve)模型。通过对这个模型的计算，我们可以估算出每年海洋温度可能以不同速率上升的概率。我们将上升速率分成以下几部分：

表 4 率分类表

条件图率			
快	速	生	长
慢	速	生	长
稳定	0	0	0
缓	慢	下	降
快速	下降	-2	≤ -0.03

你使用 Macleay 模型解决这个问题所采取的主要步骤如下：

Step1:找出每个位置的温度增长率。

Step2:编写程序。在程序中，用“2”表示快速上升(≥ 0.03)，用“1”表示缓慢上升($0,0.03$)，用“0”表示相对恒定，用“-1”表示缓慢。下降($-0.03,0$)，用“-2”表示快速下降(≤ -0.03)，得到不同年份每个位置的 B_i 。



关注数学模型
获取更多资讯

Step3:统计相邻增长率一致变化的次数。

Step4:对于每个位置，将其相加相加，分为“快速增长优先”、“缓慢增长优先”、“相对不变优先”、“缓慢下降优先”、“快速下降优先”五类。

Step5:求一步转移概率矩阵 E，即每行每 5 个数据依次除以对应的 1 个，得到 1 行概率矩阵 E。

Step6:利用得到的一步转移概率矩阵 E，求出不同时期的状态概率。

上述过程由 MATLAB 编写的程序进行计算(源程序见附录 5)。

5.2 做好最好情况和最坏情况的准备

由于不同事件发生的概率不同，根据不同的概率计算海洋温度的上升会得到不同的结果。通过分析这些结果，我们可以估算出鱼群恰好不在渔业公司控制圈的年份。通过比较它们的规模，最大值是最长时间后公司无鱼可捕，这是最好的结果;最大值是最短时间后公司无鱼可捕，这是最差的结果。渔业公司应该意识到这一点，因此需要对每一种情况都有深入的了解。下面将详细解释这两种情况。

首先，通过查询数据 [3]，我们可以发现渔船的行驶速度约为 10 节。节是专用于航行的航速单位，代表每小时航行的海里数，以单位换算。

10 节= 10 海里/小时= 10*1.852km / h = 18.52km / h

此外，由于小型渔业公司现有渔船没有冷藏设备，只能通过腌渍的方式维持 1.5 天深海鱼的新鲜品质。因此，为了保证鱼的新鲜度，渔船的最大行驶距离为 36*18.52=666.72km

这个距离，就是捕捞公司的最大捕捞半径。通过查询相关信息，结合各种因素，假设某捕鱼公司的位置位于 Scrabster(坐标:58.613524° ， -3.553142°)，这个位置是渔船的起点你可以得到该渔船的捕鱼范围，如下图所示:

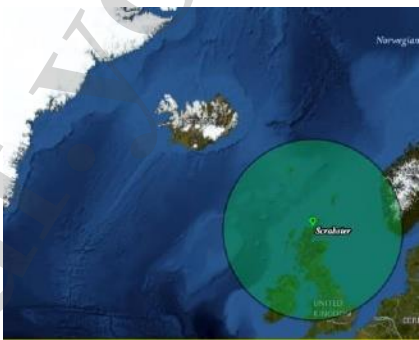


图 12 渔业公司的最大捕捞范围



关注数学模型
获取更多资讯

如果鱼群超出了上图的圆圈范围，则被认为超出了渔业公司的捕捞能力。根据 MATLAB 程序计算出的相邻每两年的不同生长率，逐年计算出温度的初始值。如果获得的数据表明捕捞范围不存在于适合青鱼和鲑鱼的圆圈内(8-18° C)，则输出年份和事件发生的概率。如果获得的数据不符合上述产出标准，则返回重新计算下一年不同生长率的概率，直至满足产出标准。

超出渔业公司捕捞范围的最佳和最坏情况下的时间和事件概率统计如下：

表 5 不同情况下的概率

年的概率		
2032	30%	2050
21.91%		

最好的情况是，31 年后(也就是 2050 年)，鲱鱼和鲑鱼鱼群都没有了
捕鱼公司的范围。发生这种情况的概率为 21.91%。最坏的情况是，13 年之后(也就是 2032 年)，渔业资源已经超出了渔业公司的能力范围。这种情况发生的概率为 30%。

苏格兰渔业的生存正在发挥作用！

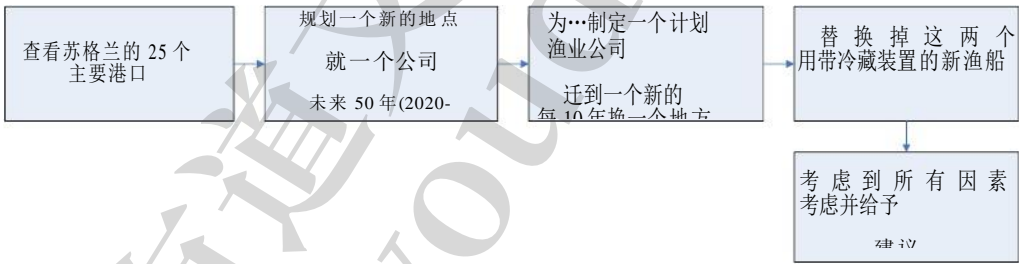


图 13 流程图

6.1 为了钓鱼，带着公司去逛

基于以上的分析，我们可以清楚地看到，如果公司继续维持目前的商业模式，那么多年后必然面临倒闭危机。渔业要想生存下去，就必须改变!我们的建议之一是重新安置公司，这样公司就能离逐渐远去的鱼群更近一些。为了解决这个问题，我们搜索了苏格兰的港口信息，选择了 25 个主要港口，因为渔船必须离开港口。主要港口的经纬度坐标和示意图如下：

表 6 苏格兰主要港口位置图

港	纬度	经度
格林诺克圣湖港	55.957703	-4.772208
艾伦奥班爱奥纳港	55.982567	-4.947651
	55.631507	-6.187485
	56.41788	-5.471766
	56.338907	-6.404151



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

托伯莫里堡威	56.623919	-6.072377
廉·凯尔洛查尔	56.821986	-5.105295
什朗姆酒	57.283656	-5.714435
Portree	57.019317	-6.323899
Raasay	57.414797	-6.196629
Gairloch	57.408198	-6.050392
Ullapool	57.730781	-5.694256
Stornoway	57.898025	-5.161124
Scrabster	58.211882	-6.385451
Orkney	58.613524	-3.553142
Lerwick	59.084897	-2.900116
Invergordon	60.154733	-1.149763
Inverness	57.690543	-4.173634
Peterhead	57.488592	-4.225984
Aberdeen	57.51325	-1.783097
Montrose	57.159506	-2.096881
Dundee	57.121266	-2.130721
Edinburgh	56.481871	-2.96823
eymouth	55.974718	-3.186137
	55.870391	-2.090699

它们在苏格兰地图上的位置如下:



图 14 苏格兰主要港口地图

那么，为了尽量遵守节省人力物力的原则，最好的解决办法就是建在港口附近。有了这样的准备，我们就可以为公司规划一个新的选址。这里我们给出两种选择。

在求解过程中，我们需要使用经纬度转换为距离的公式，如下：

$$x_1 = \frac{longitude_1 \cdot \pi}{180}, \quad y_1 = \frac{lagitude_1 \cdot \pi}{180}$$
$$x_2 = \frac{longitude_2 \cdot \pi}{180}, \quad y_2 = \frac{lagitude_2 \cdot \pi}{180}$$



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

$$S = acos(cos\ x2\ cos\ y2cos(x1-y1)+sin\ x2\ sin\ y2)$$

在那里,经度₁, latitude₁ 和经度₂, latitude₂ 分别是这两个点的经纬度坐标。

方案 A 是一个考虑了鱼在未来 50 年可能的洄游路径的方案。在这里，我们为未来 50 年 (2020-2070 年)仅一家公司规划一个新址。这将允许你在 50 年内再次搬家，而不需要搬家。这可以节省很多钱，钓鱼的问题也解决了。当然，这可能会让公司的捕捞范围在某些年份达不到最大利用率，但综合考虑资金问题也是非常合理的。我们编写了一个 MATLAB 程序来计算这个解决方案(源程序见附录 6)。下面是我们对 A 解的解：

表 7 解决方案 A 的结果

港	纬度	经度
奥克尼	59.084897	-2.900116

B 计划是针对一家碰巧财务实力雄厚的公司的解决方案，也就是公司

每 10 年搬到一个新的地方。这样，就可以实现每个时间段内对渔场的最大利用。缺点是需
要投入很多钱，但如果公司能得到足够的这些投资，那就很好了。编写一个 MATLAB 程序
来计算这个解决方案(源程序见附录 7)。下面是我们对解 B 的结果：

一年

2020 表 8 溶液 B 的结果

2030

2040

2050

2060

港	经度	纬度
奥克尼，	-2.900116	59.084897
斯托诺威，	-6.385451	58.211882
斯科拉布斯	-3.553142	58.613524
特，勒威克，	-1.149763	60.154733
勒威克	-1.149763	60.154733
	-1.149763	60.154733

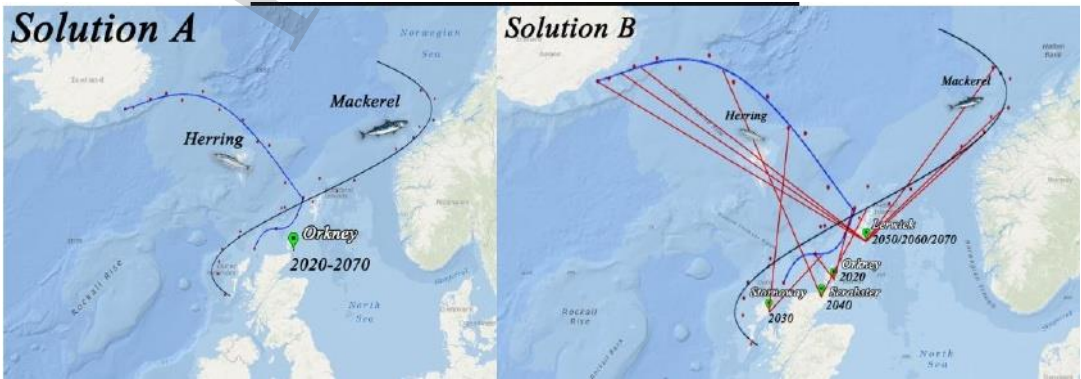


图 15 方案 B 公司搬迁的新地点

6.2 我们已经购买了带有制冷设备的新渔船

接下来，我们将进一步完善上述两种解决方案。根据前面问题的计算过程，我们可以知道，为了保证捕捞到的鱼的新鲜度和高品质，公司现有的渔船最远可以航行 666.72 公里。如果这



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

距离一超过，鱼就有很大的可能腐臭。所以我们需要购买新的渔船。这艘渔船比之前的型号更先进，因为它上面有先进的冷藏设备，通常可以让鱼在船上保持新鲜 4-5 天。因此，我们分析上述两种解决方案的结果，找出公司的新位置与鱼群可能出现的位置之间的最长距离。根据这个值，就可以确定是否需要新的渔船。

首先是改进 A 方案，编写 MATLAB 程序进行计算(源程序见附录 6)，求出公司新位置与鱼群可能位置的距离，如下所示：

表 9 不同捕鱼点到 A 方案港口的距离

年距港口到青鱼的距离港口到鲭鱼的距离		
2020	167.5269378	262.5355345
2030	439.5794889	97.06143455
2040	628.6051741	245.2118023
2050	741.82236332	569.5713346
2060	824.8852004	716.2167055
2070	850.3899658	856.3965541

从表中可以看出，最大值为 856.3965541km，出现在 2070.这个距离已经超过了老渔船的最大捕鱼范围。所以我们需要购买带有制冷设备的新渔船。

下一步是完善 B 计划，编写 MATLAB 程序进行计算(源程序见附录 7)，每隔 10 年从鱼群中找到公司的新位置。

表 10 不同捕鱼点到 B 方案港口的距离

一年	经度	纬度	港口与青鱼之间的距离	港口与鲭鱼之间的距离
2020	-2.900116	59.084897	850.3899658	167.5269378
2030	-6.385451	58.211882	71.33479882	509.7089566
2040	-3.553142	58.613524	125.3004191	661.287323
2050	-1.149763	60.154733	104.3592936	709.4728339
2060	-1.149763	60.154733	416.3650021	806.3391143
2070	-1.149763	60.154733	562.0600734	843.7259085

从表中可以看出，某些年份的最大距离小于 666.72 公里，包括 2030 年和 2040 年。有些年份新渔船最大航程大于 666.72 公里，包括 2020 年和 2050 年、2060 年和 2070 年。这说明，公司搬迁起到了一定的作用。

6.3 综合经营战略

结合以上解决方案和改进，针对渔业公司经营战略的变化，我们最后给出的两个建议如下：

选项 A，从 2020 年开始，将公司迁至勒威克港，并收购新的渔船

选项 B, 2020 年公司将迁至奥克尼港, 仍沿用老捕鱼方式



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

船。2030 年，公司搬到了斯托诺威港，依然使用旧渔船。2040 年，公司迁至斯科拉伯斯特港，仍然使用旧渔船。公司将于 2050 年迁至勒威克，以收购新的渔船，公司地址要到 2070 年才会改变。

此外，我们还建议企业多考虑、创新，寻找新的商业方向。比如，如果没有足够的冷藏设备，鱼的新鲜度就无法保证，那么使用储盐设备将鱼直接储存在船上，腌制鱼罐头似乎是一个不错的选择。

7 不可抗力:不能偷别人的小鱼

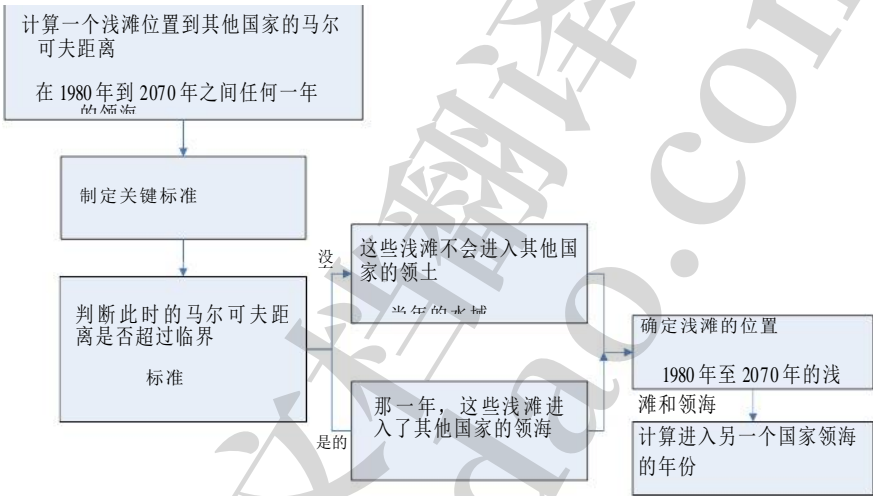


图 16 流程图

7.1 不得进入他国领海

根据我们在问题 1 中得到的鱼类洄游路线，我们观察到它们已经进入了其他国家的领海。根据《联合国海洋公约》，在其他国家领海捕鱼是违法的。因此，我们建立了一个模型，估算这两个鱼群在未来 50 年内会在其他国家领海停留多久。

根据问题 1 得到的鱼类洄游轨迹，鲱鱼向冰岛方向洄游，鲭鱼向挪威方向洄游。我们在 s# URL 上找到了冰岛和挪威的领海经纬度坐标。

然后，我们建立了马哈拉-诺比斯距离模型，来判断鱼群在迁徙过程中是否进入了另一个国家的领海。

Mahala Nobis 距离是印度统计学家 Mahala Nobis 在 1936 年提出的(参考文献)。马哈拉施特拉·诺比斯距离与维度无关。因此，在实践中，马哈拉施特拉诺比斯距离常用于判别分析。马哈拉施特拉诺比斯距离有三种形式：

- (1)同一种群中两个样本之间的马哈拉-诺比斯距离
- (2)样本到整体的马哈莱诺比斯距离
- (3)两个种群之间的马氏距离



本文以样本到种群的马哈拉-诺比斯距离、鱼群位置为样本点、领海坐标为种群。公式如下：

设总体 G 的均值向量为 μ ，协方差矩阵为 Σ ， x 为取自另一个总体 H 的样本，则 x 与 G 之间的 Mahala Nobis 距离为：

$$d(x,G)=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n(x-\mu)^T\Sigma^{-1}(x-\mu)}$$

其中 $\mu=(\mu_1,\mu_2,\dots,\mu_p)^T$, $x=(x_1,x_2,\dots,x_p)^T$

求解过程如下：

- (1)根据问题 1 中的拟合模型，我们可以知道 1980 - 2070 年间任意一年鱼群的位置。以 1980 年为例，计算从这个位置到其他国家领海的马哈拉施特拉诺比斯距离。
- (2)通过大量实验制定关键标准
- (3)判断此时的马哈拉诺比斯距离是否超过临界标准。如果小于这个标准，则鱼群今年进入另一个国家的领海，否则，不进入。
- (4)重复步骤 1，确定 1980 - 2070 年鱼群和领海的位置。

利用 MATLAB 实现上述过程，(源程序见附录 8)

表 11 其他国家领海捕捞年数

鱼类种类	无捕捞时间
鲱鱼	1980-1989
鲑鱼	1990-1999

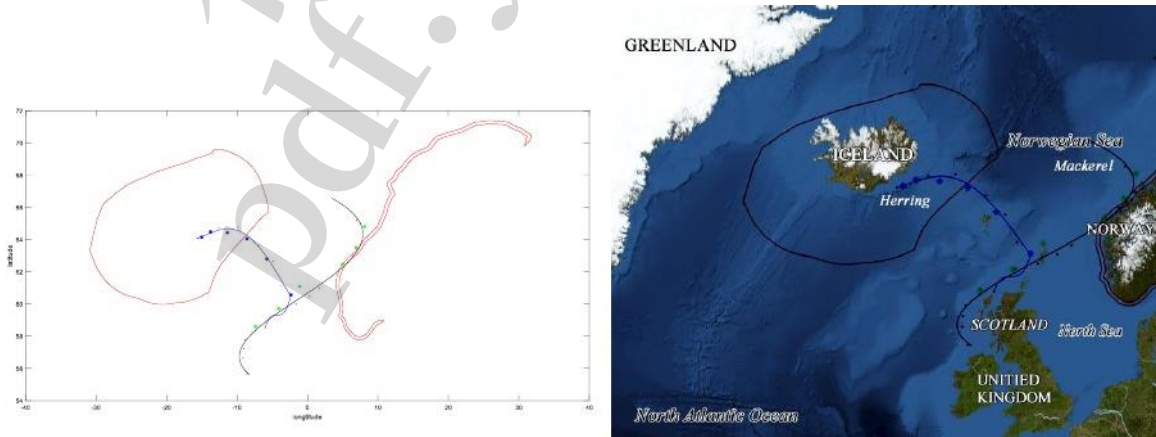


图 17 迁徙路线及领海图 7.2 渔业友好交流合作

根据之前的分析，鲱鱼鱼群将在冰岛领海停留 29 年，鲑鱼鱼群将在挪威领海停留 11 年，即



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

无疑是对苏格兰渔业的巨大打击根据国际地役权，主动地役权是一个国家允许其他国家在自己的领土上从事某些活动的义务，比如捕鱼。所以对于苏格兰经济来说，苏格兰政府应该积极与挪威和冰岛谈判，制定共同的捕鱼政策。

8 误差分析和敏感性分析

8.1 模型评价

问题 1:我们找到了鲱鱼和鲭鱼在苏格兰(即 50 年内最有可能居住的地方)的真实迁徙路线[5]，这与我们首先建立数学模型后得到的结果是一致的。因此，我们建立的模型是正确有效的。

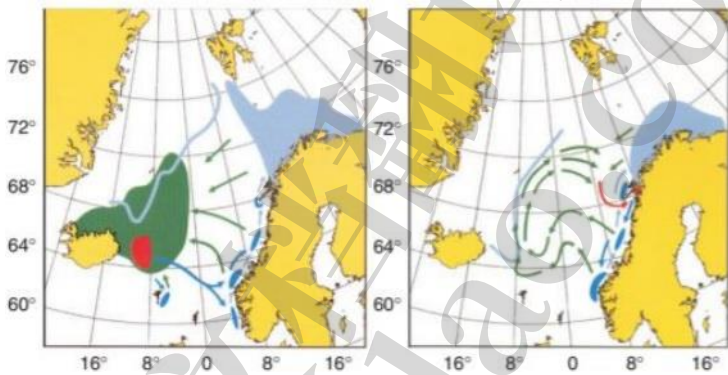


图 18 鲱鱼的真实迁徙路径

(图中最南的曲线是鲱鱼的迁徙路线，指向冰岛的方向;图中靠近苏格兰海岸线的浅蓝色曲线为鲭鱼迁徙路线，从南到北指向挪威方向)。

问题 2:用 BP 神经网络测试问题 2，人工神经元是对生物神经元的数学抽象，从而实现生物神经元的功能，利用问题 1 中鱼群的迁移坐标作为神经元的输入，以渔场在每一时刻的捕捞能力作为连接强度，通过大量的实验，找到神经元的阈值，最终得到神经元的输出。也就是说，苏格兰最有可能在 20 年后面临崩溃的危机，介于最坏情况和最好情况之间，并且不接近这些值中的一个，说明我们第二个问题的结果更加合理。

问题 3:我们可以建立一个新的评分模型，来识别和评估这两种选择对小型渔业公司的实用性和经济吸引力。

两种方案都使用自变量进行最终评分。

- 1.我们将一家渔业公司到苏格兰的距离作为分数自变量。距离越远，得分越低。
- 2.以小渔船的移动距离(即最长保持新鲜的时间 \times 小渔船的平均速度)作为另一个分数自变量。距离越远，得分越低。
- 3.建立层次分析模型，计算这两个分数的权重，最后



关注数学模型
获取更多资讯

计算总分。如果分数达到预期，则模型 3 是合理的。

问题 4:它使用 Mahala Nobis 距离来做出判断。当提出一个标准的时候，我们也要研究他的善性，也就是要考察他的误判率。本文采用的是背判错误率和交叉误判。判断率分别为 0.1923 和 0.24，且结果相对较小，因此问题 4 得到的结果更为合理。

9 模型评价和进一步讨论

9.1 模型评估

9.1.1 模型的优点

(1)建立模型时，我们用 MATLAB 程序对数据进行预处理。通过一系列复杂但有意义的预处理工作，我们得到了可以用来分析问题的苏格兰附近海域，以及适合鲱鱼和鲭鱼生活的海域。海洋温度数据，更加清晰直观。

(2)为了绘制鲱鱼和鲭鱼各自的迁徙路线，我们使用曲面和等高线地图来展示结果。根据温度和等高线图，将鲱鱼和鲭鱼的生活习性联系起来，制作绘制的迁徙路线。

9.1.2 模型的缺点

小渔船的具体数据在标题中没有给出。不同小渔船的平均航速不同，单位天行驶的距离也会不同，对渔场的选择会有很大影响。

9.2 模式推广

(1)模型 1 根据过去几十年的温度数据预测未来的温度数据，预测鱼群未来的迁徙路径。通过应用这个预测模型，如果我们知道害虫在种子的每一段上留下的痕迹，我们可以首先在已知段的范围内拟合蠕虫路径，并以此来预测未来的蠕虫路径。

(2)在第二个模型中，我们选择了 Mark leaf 模型。我们将不同区间的上升速率的幅度划分为几个案例。通过这个模型的计算，我们估计了海洋温度每年以不同速率上升的概率。通过应用这个模型，如果我们已经知道过去二十年的汽油价格增长率，我们还可以把不同区间的价格增长率分成几个案例。无论哪种情况，价格都最有可能在未来一年以发生概率最高的速度上涨。

参考文献

[1]美国国家海洋和大气管理局美国国家海洋和大气管理局商务部[EB/OL],
<http://noaa.gov>,2020.2.14。

[2] GEBCO-SCUFN GEBCO, SCUFN (EB / OL),
<http://www.marineregions.org/eezdetails.php?mrgid=5680&zone=eez>, 2020.2.14。

[3]吴立斌、李伯年。MATLAB 数据分析方法[M]。北京:机械工业出版社，2017。



关注数学模型
获取更多资讯

20034 5 团队

Moving North!

Scottish Fishery Faces Huge Challenges



In recent years, the whole earth is warming and ocean temperatures have gradually increased. Herring and mackerel populations, who had previously lived comfortably off the coast of Scotland, felt this change around them, and they were forced to migrate to northern waters that were cooler than their current habitat.

Herring and mackerel represent a significant economic contribution to the Scottish fishing industry. Changes in population locations of herring and mackerel could make it economically impractical for smaller Scotland-based fishing companies.

Recently, a mathematical modeling team has studied the possible migration paths of these two fish species in the next 50 years. In their research report, they pointed out that Scottish fishery is in a very severe situation, and if no measures are taken in time, Scotland will have no fish to catch as soon as 13 years.

As the temperature of the ocean continues to rise, today's habitats for herring and mackerel are no longer suitable for their survival, and they will gradually move north to find habitats with a suitable temperature. According to the team's research, herring has

now begun the process of migration and is expected to gradually migrate to Shetland within this year. In the future, herring populations will gradually move northwest, and they are expected to reach near Iceland by 2070. The team also pointed out that mackerel is constantly moving north in search of new habitat. Unlike herring, they may move northeast. It is expected that by 2050, mackerel populations may settle in the Norwegian sea.

As the global ocean temperature rises, the herring and mackerel are moving north faster. Many fishing companies in Scotland today are small-scale and do not have refrigeration equipment on the fishing vessels they use. This incident caught them off guard, as it almost made it impossible to catch distant fish and keep them fresh.

The fishing industry in Scotland comprises a significant proportion of the United Kingdom fishing industry. A recent inquiry by the Royal Society of Edinburgh found fishing to be of much greater social, economic and cultural importance to Scotland than it is relative to the rest of the UK. Scotland has just 8.4% of the UK population but lands at its ports over 60% of the total catch in the UK.

This shows how important fishing is to Scotland. The modeling team also clearly pointed out the fact that if the company continues to operate as it is today, then it will face a crisis of failure after many years.

Global Warming

Global warming is the long-term rise in the average temperature of the Earth's climate system. It is a major aspect of climate change and has been demonstrated by direct temperature measurements and by measurements of various effects of the warming. While there have been prehistoric periods of global warming, many observed changes since the mid-20th century have been unprecedented over decades to millennia.

Although the most common measure of global warming is the increase in the near-surface atmospheric temperature, over 90% of the additional energy stored in the climate system over the last 50 years has warmed ocean water. The remainder of the additional energy has melted ice and warmed the continents and the atmosphere.

The warming evident in the instrumental temperature record is consistent with a wide range of observations, documented by many independent scientific groups; for example, in most continental regions the frequency and intensity of heavy precipitation has increased. Further examples include sea level rise, widespread melting of snow and land ice, increased heat content of the oceans, increased humidity, and the earlier timing of spring events, such as the flowering of plants.



关注数学模型
获取更多资讯

Forward Fishery

If you look at the new £ 5 Scottish banknote in circulation, you will notice that the design on the back carries several mackerels.

One might think this is a rather weird choice, but after further thinking, it soon turns out that mackerel and herring are the perfect objects for design because it is so important to Scotland. Yes, humble mackerel and herring are one of the pillars of our economy. Many of us have remembered the two kinds of fishes since childhood, and they were picked up from the end of the dock with a string of feathers hanging in buckets. They are provided as nutritious food resources and do make a significant contribution to Scotland's well-being. It is Scotland's most important catch until now. And they are considered as two kinds of the delicious fish around both in value and quantity.

Today, herring and mackerel as important totems may have left Scotland. Global warming is forcing them to leave here.

This could be a huge blow to Scotland. The modeling team who studied herring and mackerel migration paths

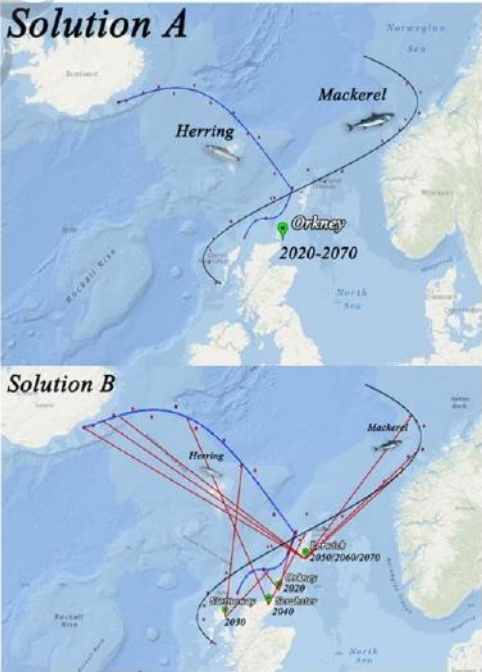
is willing to help us solve this problem together. The team sent a representative as a special consultant, and he had an in-depth exchange with our North Atlantic Fisheries Management Association of Scotland. The team representative said that if the fishing company wants to survive, it must change! One of the suggestions they gave was to relocate the company, so that the company can get closer to the fish population that is gradually away.

The solution given by the modeling team is described as follows:

Solution A is a method that takes into account the possible migration path of fish in the next 50 years. Here we will plan only one new location for the company in 50 years (2020-2070). This will allow you to move again for 50 years no need to relocate. This can save a lot of money, and the problem of fishing has been solved. Of course, this may make the company's fishing range not reach the maximum utilization rate in some years, but it is also very reasonable to comprehensively consider the issue of funds.

Solution B is a method for a company that happens to be financially strong, that is, the company moves to a new location every 10 years. In this way, the maximum utilization of the fishing range in each time period can be achieved. The downside is that you need to invest a lot of money, but if the company can get enough of these investments, it is very good.

In addition, the team also provided us with proposals for new fishing



vessels. These new fishing boats are much more advanced than the older ones because they have refrigeration equipment on them, which keeps the fish fresher on board.

Warming ocean waters threaten marine ecosystems and human livelihoods. For example, warm waters jeopardize the health of corals, and in turn, the communities of marine life that depend upon them for shelter and food. People who depend upon marine fisheries for food and may face negative impacts from the warming ocean.

The modeling team stated that the above schemes are predictions and suggestions based on existing conditions. They hope to discuss research with the people of Scotland and work out better strategies. Scotland's fishing is bound to return to glory.



附录

附录 1 明确

clc 为 k=1:37

```
A0 = xlsread (data1.xlsx,
k);

(num, txt, 生)= xlsread (country.xlsx, k);=
轮(A0 (:, 1:2), 2);
A1 =圆(A0 (:, 3), 2);
长=长度(A1);
B = 0(长,800);

c =
1;
i =
1;
虽然我<=长
    d=1;
    B(c,d)=i;
    j=我+ 1:1:长时间
    间
        若
            A(i, :)==A(j
            , :) d=d+1;
            B(c,d)=j;
        其他的
        打破;
    结束
结束

c=c+1;
i=B(c-1,d)+1;

结束
B(all(B==0,2),:)=[];
for i=1:length(B(:,1))
    a=B(i,:);
    a(:,all(a==0,1))=[];
    t=0;
```


$j = 1:\text{长度}(a)$

$t=t+A1(a(j));$

结束

临时(i) = $t / \text{长度}(a)$;位置
(我,1) = $A(B(\text{我},1),1)$;位
置(我,2) = $A(B(\text{我},1),2)$;
国家(i) = $\text{txt}(B(\text{我},1))$;

结束

endd = [位置,临时];

xlswrite("result1.xlsx", 国家
"k" A2) xlswrite(result1.xlsx, endd
k B2)



关注数学模型
获取更多资讯

结束

附录 2

清晰的

clc

x =

51:0.01:71;

y = 41:0.01:10;

背景= 0(长度(x) * 37 岁的长度(y));

k = — 37

A0 = xlsread (result1.xlsx,
k);

= A0 (: 1);

B = A0 (:,
2);

C = A0 (:,
3);

i =

1;

长=长度(A);

虽然我< =长

x0 = (i) * 100 -
5099;

y0 = B * 100 +
4401(我);

背景(修复(x0) +长度(x) * (k - 1),修复(y0)) =
C(我);我=我+ 1;

结束

结束

data2 = 0(长度(x) *长度(y), 37);

h =

1;

i = 1:长度(x)

j = 1:长度(y)

k = — 37

data2 (h, k) =背景(i * k, j);

结束

h = h +
1;

结束

结束

h =
1;

dd = 0(长度(x) * (y), 2);

i = 1:长度(x)

j = 1:长度(y)

dd (h, 1) =
x(我);

dd (h, 2) = y
(j);

h = h +
1;

结束

结束

data3 = (dd、 data2);长=长
度(x) * (y);i = 1;

m =
1;



关注数学模型
获取更多资讯

```
39 data4 = 0(54 岁);
```

虽然我<长

```
num =长度(找到(data3(我:)= =  
0));长=长度(data3);
```

如果 num
<=19

```
data4 (m) =  
data3(我:);
```

```
m = m +  
1;
```

结
束

```
我=我  
+ 1;
```

结
束

```
data4(: 1) =兰德(54)* 10 + 61;data4(: 1)  
=兰德(54)* 20 + 51;data4(:, 2) =兰德  
(54)* 54-44;xlswrite('result3.xlsx',  
data4,1, 'A2')附录 3
```

清晰
的

```
clc
```

```
data4 = xlsread (' result3.xlsx ',  
1);data5 = 0 (91);
```

因为我= 1
分 54 秒

```
T=[1980、1981、1982、1983、1984、1985、1986、1987、  
1988、1989、1990、1991、1992、1993、1994、1995、1996、  
1997、1998、1999、2000、2001、2002、2003、2004、2005、  
2006、2007、2009、2010、2011、2013、2014、2015、2016、  
2017];
```

```
Fb =  
data4(i, :);
```

```
fc = fb  
(3:39);
```

```
印第安纳州  
=找到(fc);
```

```
t = 0(长度(结束));
```

```
y = 0(长度());
```

j = 1:长度(印第安纳州)

t(j) = t(印第安纳州(j));

y(j) = fc(印第安纳州(j));

结束

Xdata = t;

Ydata = y;

% x0 = [100,100,100,100,100];

X0 = [100,100,100];

[x,resnorm] = lsqcurvefit(@ex1024,x0,xdata,ydata);ti = 1980:1:2070;

日元 = ex1024(x,ti);

数字

情节(t y 'o')

抓住



关注数学模型
获取更多资讯

```
情节(ti,  
y1,“-”)  
网格  
(我:)=  
y1 data5;
```

结束

```
xlswrite (result4.xlsx, data5 1, C2)
```

函数 F = ex1024(x,xdata)

```
%F = x(1)*xdata.^2 + x(2)*sin(xdata) + x(3)*xdata.^3  
+x(4)*xdata +x(5)+x(6)*xdata.^(1/2);
```

```
F = x(1)*xdata.^2 +x(2)*(sin(xdata)+cos(xdata))+x(3);%
```

```
F = 0.00337964 * exp (1.08358 * xdata) +  
417.916*exp(0.0106585*xdata) - 414.692;
```

结束

附录 4

清晰的

clc

```
data4 = xlsread ('result3.xlsx ',  
1);
```

```
x0 = data4 (:,  
1);
```

```
y0 = data4 (:,  
2);
```

```
data5 = xlsread ('result4.xlsx ',  
1);
```

```
一个= xlsread ('  
canshu1.xlsx ', 1);
```

```
b = 1 (91);
```

```
c = a *  
b;
```

```
z0 = c +  
data5;
```

```
y =  
x0;
```

```
x =  
y0;
```

```
21 年=[1,11 日,31 日,41 岁的 51  
岁,61,71,81,91];
```

因为我=
1:10

z = z0(:,年(i));

yq =
51:0.1:71;

xq = 44:0.1:10;

[xi, yi] = meshgrid (xq,
yq);

[X, Y, Z] = griddata (X, Y, Z, xi,
咦,v4); %² aOμ

% [X, Y, Z] = griddata (X, Y, Z, xi,咦,“线
性”);%² aOμ% [X, Y, Z] = griddata (X, Y, Z, xi,
咦,“立方”);%² aOμ

数字

scatter3 (x, y, z '。')% EøμaI¼

抓住;

冲浪(X, Y, Z) % EyI-CuAæ

ylabel(“纬
度”);

包含
(“longitude”)

zlabel(温度)

数字

% contourf (X, Y, Z) %μE,β我β¼



关注数学模型
获取更多资讯

```
% 轮廓(X, Y, Z, 'ShowText', '上')% 我
% [C, h] = contourf (X, Y, Z);我, % clabel (C、
h)
```

```
colorbar
```

```
ylabel( “ 纬
度 ” );
```

```
包含
( “longitude” )
```

结束

附录 5

clc, 清晰, 关闭所
有

```
data4 = xlsread (' result3.xlsx ',
1); x0 = data4 (: 1);
```

```
y0 = data4 (:,
2);
```

```
data5 = xlsread (' result4.xlsx ',
1); % 兰德 (54 岁, 1) * 10 + 10;
```

```
b = 1 (91);
```

```
c = a *
b;
```

```
z0 = c +
data5;
```

```
y =
x0;
```

```
x =
y0;
```

```
z =
z0;
```

```
long1 = 长度 (z (: 1));
```

```
马龙 = 长度 (z (1:)) - 1;
```

```
endd = 0 (91);
```

```
k = 41
```

```
s1 = z (:, 1: k +
50);
```

```
b = 0 (long1, 马龙);
```

```
c = 0 (long1 - 25);
```

```
s =
z;
```

j = 1: long1

因为我= 1:马
龙

(j, i) = (s (j,我+ 1)- s (j,
我))/ s (j,我);

结束

结束

= * 10 ^ 3;

大= 0.3;

小= -大;

j = 1: long1

因为我= 1:马
龙

如果一个(j,
我)> =大

b (j,
我)= 2;

Elseif (a(j,i)<大)&& (a(j,i)>0)
b(j,i)=1;

elseif (j, i) ==
0



关注数学模型
获取更多资讯


```
        b(j,i)=0;

    Elseif a(j,i)>小 && a(j,i)<0
        b(j,i)=-1;
    elseif (j, i) <小
        b(j,i)=-2;

    结束

    结束

    结束

For j=1:long1 For
    i=1:long2-2
        如果 b(j,i)==2 &&
            b(j,i+1)==2
            c(j,1)=c(j,1)+1;
        Elseif b(j,i)==2 && b(j,i+1)==1
            c(j,2)=c(j,2)+1;
        Elseif b(j,i)==2 && b(j,i+1)==0
            c(j,3)=c(j,3)+1;
        Elseif b(j,i)==2 && b(j,i+1)==-1
            c(j,4)=c(j,4)+1;
        Elseif b(j,i)==2 && b(j,i+1)==-2
            c(j,5)=c(j,5)+1;
        Elseif b(j,i)==1 && b(j,i+1)==2
            c(j,6)=c(j,6)+1;
        Elseif b(j,i)==1 && b(j,i+1)==1
            c(j,7)=c(j,7)+1;
        Elseif b(j,i)==1 && b(j,i+1)==0
            c(j,8)=c(j,8)+1;
        Elseif b(j,i)==1 && b(j,i+1)==-1
            c(j,9)=c(j,9)+1;

        elseif b(j,i) == 1 && b(j,我+
            1) == 2 c(j,10) = c(j,10) +
            1;

        elseif b(j,i) == 0 && b(j,我+
            1) == 2 c(j,11) = c(j,11) +
            1;

        elseif b(j,i) == 0 && b(j,我+
            1) == 1 c(j,12) = c(j,12) +
            1;
```

```
Elseif b(j,i)==0 && b(j,i+1)==0
    c(j,13)=c(j,13)+1;
Elseif b(j,i)==0 && b(j,i+1)==-1
    c(j,14)=c(j,14)+1;
elseif b(j,i) == 0 & & b(j,i+1) == 2 c(j,15) = c(j,15) + 1;
Elseif b(j,i)==-1 && b(j,i+1)==2
    c(j,16)=c(j,16)+1;
elseif b(j,i) == 1 & & b(j,i+1) == 1 c(j,17) = c(j,17) + 1;
```



关注数学模型
获取更多资讯

```

Elseif b(j,i)=-1 && b(j,i+1)==0
    c(j,18)=c(j,18)+1;
Elseif b(j,i)=-1 && b(j,i+1)=-1
    c(j,19)=c(j,19)+1;
Elseif b(j,i)=-1 && b(j,i+1)=-2
    c(j,20)=c(j,20)+1;
Elseif b(j,i)=-2 && b(j,i+1)==2
    c(j,21)=c(j,21)+1;
Elseif b(j,i)=-2 && b(j,i+1)=1
    c(j,22)=c(j,22)+1;
elseif b(j,i)==2 && b(j,我+
    1)==0 c(j,23)=c(j,23)+
    1;
elseif b(j,i)==2 && b(j,我+
    1)==1 c(j,24)=c(j,24)+1;
elseif b(j,i)==2 && b(j,我+
    1)==2 c(j,25)=c(j,25)+1;
    结束
    结束
    结束
d = 0 (long1 5);
因为我=
1:long1
    j = 1:25
        如果
        j < 6
            (我,1)= d(我,1)+ c(i,
j);Elseif j>5 && j<11
                (我,2)= d(我,2)+ c(i,
j);Elseif j>10 && j<16
                    (我,3)= d(我,3)+ c(i,
j);Elseif j>15 && j<21
                        (我,4)= d(我,4)+ c(i,
j);Elseif j>5 && j<11
                            (我,5)= d(我,5)+ c
                            (i, j);

```

结束

结束

结束

f = b (: 37);e = 0(5、
long1);因为我=
1:long1

j = 1:25

如果
j < 6

如果
d(我,1)= =
0

e (5,j)=0;

其他的

e (1,j)=c (i,j) /d(i,1);



关注数学模型
获取更多资讯

结束

```
Elseif j>5 && j<11
  if(d(i,2)==0)
```

```
    e(5,j-5)=0;
```

其他的

```
    e(2,j-5)=c(i,j)/d(i,2);
```

结束

```
Elseif j>10 && j<16
```

```
  if d(i,3)==0
    e(5,j-10)=0;
```

其他的

```
    e(3,j-10)=c(i,j)/d(i,3);
```

结束

```
Elseif j>15 && j<21
```

```
  if d(i,4)==0
    e(5,j-15)=0;
```

其他的

```
    e(4,j-15)=c(i,j)/d(i,4);
```

结束

其他的

```
  如果
  d(我,5)= 0
```

```
    e(5,j-20)=0;
```

其他的

```
    e(5,j-20)=c(i,j)/d(i,5);
```

结束

结束

结束

```
g = 0(我,5);m = 0  
(long1 5)” ;
```

```
m(:,1)=1;
```

```
m1 =  
m;
```

```
m = 0 (long1 5)” ;
```

```
m(:,2)=1;
```

```
m2=m;
```

```
m = 0 (long1 5)” ;
```

```
m(:,3)=1;
```

```
m3=m;
```

```
m=zeros(long1,5)';
```

```
m(:,4)=1;
```

```
m4=m;
```

```
m=zeros(long1,5)';
```

```
m(:,5)=1;
```

```
m5=m;
```

```
if f(i,1)==2
```



关注数学模型
获取更多资讯

```
h = m1.*  
e;k = 1:6  
  
h=h.*e;
```

结束

```
elseif f (1) ==  
1
```

```
g(i,:)= [0 1 0 0 0];  
h=m2.*e;  
for k=1:6  
h=h.*e;
```

结束

```
elseif f (1) == 0 0];  
0
```

```
g(i,:)= [0 0 1  
h=m3.*e;  
for k=1:6  
h=h.*e; 1 0];
```

结束

```
elseif f (1) == 1
```

```
g(i,:)= [0 0 0  
h=m4.*e;  
for k=1:6  
h=h.*e;
```

结束

```
elseif f(我,1)= =  
2
```

```
g(i,:)= [0 0 0 0 1];  
h=m5.*e;
```

```
k = 1:6
```

```
h=h.*e;
```

结束

结束

结束

结束

```
e1 = xlsread (' canshu.xlsx ',  
1);因为我= 1:5
```

```
j = 1 分 54  
秒
```

```
if e(i,j)==0  
    e (i, j) = e (i, j) + e1  
(i, j);结束
```

结束

结束

```
因为我=  
1:91
```

```
endd (i) = e  
(i);
```

结束

```
马克斯(endd)  
-0.7
```



分钟(endd) +
0.2

最好=找到(endd == max
(endd));

坏=找到(endd == min (endd));

附录 6

清晰
的

clc

x1 = xlsread('wharf.xlsx', 'sheet1',
'B2:B26');y1 = xlsread('wharf.xlsx', 'sheet1',
'C2:C26');x2 = xlsread('spot.xlsx', 'sheet1',
'C2:C13');y2 = xlsread('spot.xlsx', 'sheet1',
'D2:D13');s = 0 (1,25);

i = 1:长度(x1)

t = 0 (12);

j = 1:长度(x2)

t (j) = $\sqrt{(x1 (i) x2 (j))^2 + (y1 (i) y2 (j))^2}$;
结束

(我)= (t)之
和;

结束

码头=找到(s == min
(s));

回答= [y1(码头),x1(码头)];

R = 6378.137;

方式= 0(1、 12);

地方= (y2 x2);

因为我=
1:12

(我)= SphereDist(答案(1:),(我:),R);结束

马克斯(方
式);

xlswrite('answer3.xlsx', answer,1, 'G2')
wm = webmap('世界街道地图');

X = [answer(2), [51
71]];

Y = [answer(1), [-44
10]];

```
stationName = {'1', '1',  
'1'};  
Lat = x;  
Lon = y;  
颜色 = [0,1,0];  
%s = geoshape(lat,lon);  
%wmline(s, '颜色', '红色', '宽度',  
3);%(纬度、经度)= wmcenter (wm);  
wmmarker(纬度,经  
度,.....  
FeatureName,  
stationName,..... “颜色”,  
颜色,...  
“最适合的”,  
真正的);
```

附录 7
清晰的



```
clc
```

```
x1 = xlsread('wharf.xlsx', 'sheet1',  
'B2:B26');y1 = xlsread('wharf.xlsx', 'sheet1',  
'C2:C26');x2 = xlsread('spot.xlsx', 'sheet1',  
'C2:C7');y2 = xlsread('spot.xlsx', 'sheet1',  
'D2:D7');x3 = xlsread('spot.xlsx', 'sheet1',  
'C7:C13');y3 = xlsread('spot.xlsx', 'sheet1',  
'D7:D13');long1 = 长度(x1);
```

```
马龙=长度(x2);
```

```
码头= 0(1、 马龙);
```

```
因为我= 1:马  
龙
```

```
s = 0(1、 long1);
```

```
j = 1: long1
```

```
年代(j) =  $\sqrt{(x1(j) \cdot x2(我))^2 + (y1(j)$ 
```

```
y2(我))^2 + \sqrt{((x1(j) \cdot x3(我))^2 + (y1(j)  
y3(我))^2);结束
```

```
码头(i) = 找到(s == min  
(s));
```

```
结束
```

```
long3 = 长度(码头);
```

```
回答= 0 (2,long3) ';
```

```
因为我=  
1:long3
```

```
回答(我:)= (y1(码头(i)); x1(码头(i)));
```

```
结束
```

```
R = 6378.137;
```

```
方式= 0 (2,6);
```

```
place1 = (y2  
x2);
```

```
place2 = (y3,  
x3);
```

```
因为我=  
1:6
```

```
= SphereDist(文化回答(我:),流行  
(我:),R);b = SphereDist(回答  
(我,:),place2(我:),R);(我)=一个;
```

```
(我)= b;
```

结束

```
X = [answer(:, 2)', [51  
71]];
```

```
Y = [answer(:, 1)', [-44  
10]];
```

```
xlswrite('answer3.xlsx', answer, 1, 'A2')  
wm = webmap('世界街道地图');
```

```
stationName =
```

```
{“2020”、“2030”、“2040”、  
“2050”、“2060”、“2070”,’1’,’1’};Lat = x;
```

```
Lon = y;
```

```
颜色 = [0,1,0];
```

```
%s = geoshape(lat,lon);
```



关注数学模型
获取更多资讯

```
%wmline(s, '颜色', '红色', '宽度',
3);%(纬度、经度)= wmcenter (wm);
```

```
wmmarker(纬度,经
度,.....
```

```
FeatureName,
stationName,..... “颜色” ,
颜色,...
“最适合的” ,
真正的);
```

附录 8

清晰的

clc

```
挪威= xlsread (' Norway.xlsx ', 1);
冰岛= xlsread (' iceland.xlsx ',
1);long1 =长度(挪威);
```

```
马龙=长度(冰岛);
```

```
long1/2 latitude1 = 0
(1);long1/2 longitude1 = 0 (1);
因为我= 1:long1/2
```

```
挪威 latitude1 (i) =(2 张);
```

```
挪威 longitude1 (i) =(2 *我);
```

结束

```
Plot (longitude1,latitude1, 'r-')
等一下
```

```
long2/2 latitude2 = 0
(1);long2/2 longitude2 = 0 (1);
因为我= 1:long2/2
```

```
冰岛 latitude2 (i) =(2 张);
```

```
冰岛 longitude2 (i) =(2 *
我);
```

结束

```
Plot (longitude2,latitude2, 'r-')
hold 住
```

```
日元= [longitude1;
latitude1] ';
```

```
xdatan = xlsread (' norwayway.xlsx ' 1 ' E1:
E18 ');ydatan = xlsread (' norwayway.xlsx ' 1 '
L1:就是');pn = polyfit (xdatan ydatan 4);
```



```
xd = xlsread ('spot.xlsx' 1 'D8:D13');情节(xd、码、g *)
```

抓住;

```
X1 = (tn, yn)';
```

```
d1 = 泰姬陵(Y1, X1);long1 = 长度(d1);dd1 = 找到(d1 > 6350);len1 = 总和(sum (dd1 ~ = 0));time1 = 修复(91 * len1 / long1)
```

```
Y2 = [longitude2; latitude2]';
```

```
ydata21 = xlsread ('icelandtotal.xlsx' 1 'A1:A4 ');xdata21 = xlsread ('icelandtotal.xlsx', 1 'B1: B4');p21 = polyfit (xdata21 ydata21 3);
```

```
t21 = -5.99:0.001: -2.35;
```

```
y21 = polyval (p21, t21);
```

```
情节(xdata21 ydata21, 'r。');
```

抓住;

```
ydata1 = xlsread ('icelandtotal.xlsx' 1 'A4:A15 ');xdata1 = xlsread ('icelandtotal.xlsx' 1 'B4: 去往 B15 ');p1 = polyfit (xdata1 ydata1 4);
```

```
t1 = fliplr (-15.7:0.001: -2.35);
```

```
日元= polyval (p1, t1);
```

```
情节(xdata1 ydata1, 'r。');
```

抓住;

```
t = [t21、t1];
```

```
y = (y21, y1);
```

```
情节(t, y, b-)
```

抓住;

码= xlsread (' spot.xlsx ' 1 ' C2:
C7);

xd = xlsread (' spot.xlsx ' 1 ' D2:
D7 ');

情节 (xd 、 码 、
b *)

抓住;

X2 = [y; t]
';

d2 =泰姬陵(Y2
X2);

马龙=长度(d2);

dd2 =找到(d2 >
2530);

len2 =总和(sum (dd2 ~ =
0));

time2 =修复(91 * len2 /
马龙)

情节(-44
年,51,岁的
“。”)

抓住

图
(10,71, “。”)



关注数学模型
获取更多资讯