

基于 GIS 的苏格兰北大西洋鱼类迁徙和渔业转变研究

徐睿泽

(中国地质大学(北京), 信息工程学院 北京 100083)

摘要: 随着全球变暖、海水温度上升现象的日益严重, 导致很多鱼类为了找到适宜的居住环境而向更冷的地方迁徙。针对这一现象, 本文建立 SVM 模型用于预测未来 50 年海水年均温度的变化情况, 并利用 ArcGIS10.2 软件基于反距离权重插值法获取苏格兰北大西洋海域的海水温度。结果表明海水年均温度呈逐渐上升的趋势, 且上升速率逐渐加快, 在 2070 年可能达到 13.84℃。同时基于鱼群在海域中出现的概率建立鱼类迁徙模型, 用于分析鱼类迁徙距离与海水温度变化的定量关系, 以预测鲱鱼和鲭鱼的集群地点。结果显示 10℃-11℃为两种鱼类的适宜生存温度; 以 2022 年为例, 计算并可视化 10℃和 11℃的海水等温线与海岸线的距离, 从而为保证海洋渔业的可持续发展提供决策。

关键词: 反距离权重插值; 海水温度; 鱼类迁徙; SVM

1. 引言

海洋面积约占地球表面积的 71%, 海水的理化性质使得海洋对全球的气候变化具有重要影响。然而海洋温度的不断升高会导致一系列复杂的后果, 其中对海洋生态系统尤其是海洋生物的栖息环境有较大的影响。海水的表面温度通过环境因素反映海水中水分子的热运动强度, 这是影响并确定水生生物栖息地的重要物理量。当海洋生物无法在原来的栖息地继续繁殖生存时, 就会进行地理种群转移。因此, 准确地预测时空尺度上海洋温度的分布和变化具有科学意义。在准确预测海水温度的变化的基础上, 明确海洋生物的迁徙路线也是十分必要的, 既能有效保证海洋生态系统的稳定, 防止生物过度繁殖, 又能为依赖海洋生物稳定性的公司提供运营管理的决策意见, 以保证渔业公司的可持续发展^[1]。

研究表明, 海洋的暖化影响着不同类型的海洋生物^[2], 同时海洋生物的迁徙模式和迁徙规律受气候驱动的影响, 其中温度与海洋生物迁徙或分布具有强相关性^[3-4], 大气洋流的变化、海洋锋和旋涡也严重影响着海洋生物的种群数量和迁徙规律^[5-6]。针对苏格兰北大西洋正在面临由于海水温度上升而引起的鱼类迁移的问题, 本文分别建立两个模型, 用于模拟预测未来 50 年海水温度的变化以及鲱鱼和鲭鱼两种鱼类随海水温度变化的迁徙规律, 从而较为科学地确定鱼类未来的繁殖生存地, 进而为海域周围现存的渔业公司提供重要信息, 确保其可运营时间, 为其是否需要改变经营模式提供参考决策。

2. 研究区

为准确全面地了解鲱鱼和鲭鱼随海洋变暖而向北迁徙的规律, 本文选取北海北部、挪威吉安海南部和法罗群岛周围的水域作为研究区, 从而了解两种鱼类在苏格兰大西洋的现有栖息地。

3. 研究过程

3.1 海水温度预测

本文通过相关网站得到全球海洋温度的数据集, 为后续研究中苏格兰北大西洋海洋温度预测模型的建立提供数据基础。本文根据可能导致水温变化的各种因素, 从而明确其对水温变化的影响, 进而预测未来水温的变化。本文使用 SVR 模型根据训练样本确定合适的拟合函数, 首先在研究区内随机选取 80 个均匀分布的温度采样点, 将其设置为 p_i ($i = 1, 2, \dots, 80$)。然后将 $T(p_i, t)$ ($t = 1969, 1970, \dots, 2008$) 作为这 80 个点的年平均温度数据。同时本文按照 4:1 的比例将 $T(p_i, t)$ 分为训练集和测试集, 训练集被设为 $S(p_i,$

$t)$ ($t = 1969, 1970, \dots, 2008$), 测试集被设为 $K(p_i, t)$ ($t = 2009, 2010, \dots, 2018$), 其中训练集 S 用于训练模型, 测试集 K 用于测试模型预测数据的能力。经过上述数据预处理后, 每个温度样本的特性以 t 计的时间组成, $T(t)$ 为对应时刻的海水温度。在温度预测过程中, 模型从训练集 $\{(t_1, T_1(t)), (t_2, T_2(t)), \dots (t_n, T_n(t))\}$ 中学习, 其中 n 代表样本数。进而建立从输入空间 X 到输出空间 Y 的映射, 表示为 $f: X \rightarrow Y$, 其中 Y 是实数集。

对于训练集 S , 本文采用 Matlab 软件模拟 1969 年到 2008 年间采样点数据的温度变化趋势, 结果发现拟合的温度曲线随着年份均具有相同的变化趋势, 该现象表明近年来该海域的温度变化基本相同。进而在此基础上, 利用 Matlab 软件拟合曲线来预测未来 50 年的海水温度值 (图 1)。

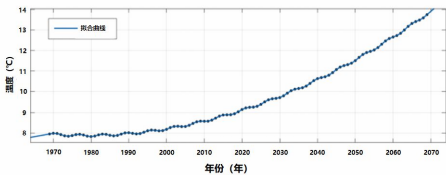


图 1 1970 年到 2070 年的海洋温度

为了验证拟合结果的准确性, 本文首先进行交叉验证, 将训练集 S 分为大小相似的 k 个互斥子集, 即 $S = S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_k, S_i \cap S_j = \emptyset$ ($i \neq j$)。其中 $k-1$ 个子集的并集用作 1 次训练集, 剩余的子集用作验证集 V 。由此可以获得 k 个训练集, 从而在相同参数设置下进行 k 次训练和验证, 以获得模型的 k 个测试结果的平均值。同时本文选取 MSE 指标 (公式 1) 来衡量模型的预测能力, 其中 MSE 越小, 表示模型预测越准确。

$$MSE(y, \hat{y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|^2 \quad (1)$$

式中 y_i 是第 i 组样本的预测值, 而 y 是相应样本的实际值。本文将 1969 年到 2008 年的 40 个年均温度数据作为样本, 表 1 展示了 2009 年到 2018 年的海水的实际温度、预测温度以及相应的绝对误差和相对误差。结果显示 SVR 模型对该海域年平均海水温度具有较真实的预测效果。因此, 本文使用选取的 80 个采样点进行整个研究区域未来 50 年海水温度的预测具有实际参考价值。

表 1 2009-2018 年海洋温度及误差预测

年份 (年)	2009	2010	2011	2012	2013
实际温度 (℃)	8.898	8.677	8.745	8.348	8.465
预测温度 (℃)	8.572	8.566	8.570	8.622	8.718
绝对误差	-0.327	-0.111	-0.175	0.2744	0.2536
相对误差	-0.037	-0.013	-0.019	0.033	0.029

年份(年)	2014	2015	2016	2017	2018
实际温度(℃)	9.169	8.473	8.725	8.767	8.506
预测温度(℃)	8.815	8.869	8.570	8.622	8.718
绝对误差	-0.327	-0.111	-0.175	0.2744	0.2536
相对误差	-0.037	-0.013	-0.019	0.033	0.029

经过精度验证后,本文利用 ArcGIS10.2 软件选取反距离权重法(IDW),根据已知的 80 个采样点来插值获取整个研究区的海域温度,表达式如公式(2)所示。

$$H(t) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^m} S(p_i, t)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^m}} \quad (2)$$

其中 $H(t)$ 表示某年预测的海洋温度, $S(p_i, t)$ 是第 i ($i=1, 2, \dots, n$) 个采样点的海水温度, d_i 表示从要插值的点到第 i 个采样点的距离, m 表示该距离的乘方。

3.2 海洋温度与苏格兰鲱鱼和鲭鱼迁移之间的相关性

本文在苏格兰大西洋海域中从鲱鱼和鲭鱼的现有栖息地中随机均匀地选择 130 个采样点,以获取采样点的温度(图 2)。栖息地的大部分海洋温度反映了苏格兰鲱鱼和鲭鱼的适宜生境,由图可知 10°C – 11°C 的海水温度为适合苏格兰鲱鱼和鲭鱼的生存和繁殖的区域。根据海洋温度预测模型,本文分别计算海岸线到 10°C 和 11°C 等温线之间的距离,分别设置为 L_1 和 L_2 ,其中等温线到海岸线距离的年变化率表示在公式(3)和公式(4)中。

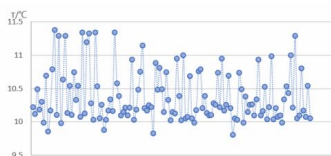


图 2 鲱鱼和鲭鱼生存的适宜温度

$$q_1(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{L_1} \right) \quad (3)$$

$$q_2(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{L_2} \right) \quad (4)$$

其中 t_1 表示现阶段已知的 10°C 和 11°C 等温线到海岸线的距离,则公式(5)和公式(6)分别表示在 t_2 年时,海岸线到 10°C 和 11°C 等温线的距离。其中本研究以 2022 年为例,通过迁徙模型计算出苏格兰鲱鱼和鲭鱼最可能出现的区域(图 3 的橙色区域)。

$$L_1(t_2) = L_1(t_1) + q_1(t_1) \cdot (t_2 - t_1) \quad (5)$$

$$L_2(t_2) = L_2(t_1) + q_2(t_1) \cdot (t_2 - t_1) \quad (6)$$

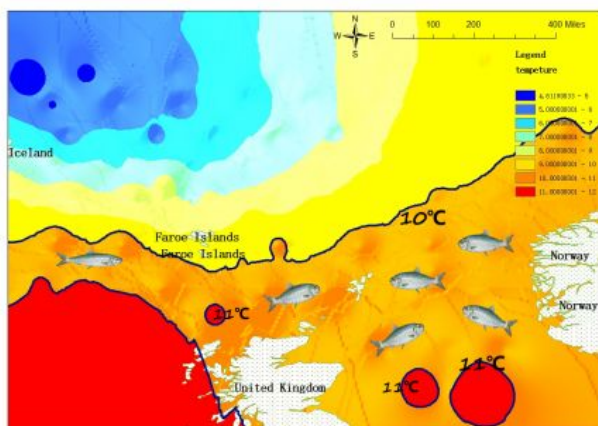


图 3 2022 年鲱鱼和鲭鱼最可能出现的位置

4. 结果与讨论

海洋变暖问题已经成为了国际环境问题研究的重点。与内陆渔业相比,基于海洋环境和海洋生态系统支持的渔业更容易受到海洋变暖的影响。海洋生物是人类食物的重要来源之一,但是比陆地生物更易灭绝,因此开展海洋生物的保护、确保海洋渔业的可持续安发展,充分合理地利用自然资源、提高渔业公司经济效益是至关重要的[7–8],而。因此,本文基于上述模型的建立,从海洋变暖对渔业的影响入手,探讨在海洋变暖下实现渔业可持续发展的对策,从以下三个方面给出建议:

(1) 对于渔业公司,他们需要采取积极行动去面对在未来将要面临的危机,从而创造更有前景的商业未来。在短期内,渔民可以使用一定比例的小船来确保新鲜和高质量的鱼群。此外,渔民可以改变他们的捕捞方式。从长远来看,渔民可以适当地从目前的位置移动到更接近鱼类的位置。鱼的迁移可能导致邻国之间发生渔业纠纷,因此加强渔业合作将是较为重要的环节。

(2) 从自然资源角度,应考虑适应和减缓工业生产等人类活动以应对海洋变暖。海洋变暖是一个既定事实,已经影响到渔业资源的发展。同时,自然生态系统可以自发的适应人类活动造成的负面影响,例如海洋生物的迁移以应对海洋变暖,但自发适应是有限的,应通过加强渔业管理和其他干预措施以便合理利用自然资源。

(3) 应制定海洋变暖风险管理的预防措施。海洋变暖是长期以来的气候变化,具有周期性和非周期性。毫无疑问海洋变暖是全球的总体趋势,并且极端气候的频繁发生和其他海洋变暖的原因具有不可预测的影响,因此,渔业公司也应该开发一套更为完善的风险管理方法以应对危机。

参考文献

- [1] 姚翠鸾, George N. Somero. 海洋暖化对海洋生物的影响[J]. 科学通报, 2015, 60(09): 805–816.
 - [2] 刘红红, 朱玉贵. 气候变化对海洋渔业的影响与对策研究[J]. 现代农业科技, 2019(10): 244–247.
 - [3] Jansen Teunis, Campbell Andrew, Kelly Ciarán, et al. Migration and fisheries of north east Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) in autumn and winter[J]. PloS one, 2012, 7(12): e51541.
 - [4] Graham C T, Harrod C. Implications of climate change for the fishes of the British Isles[J]. Journal of fish biology, 2009, 74(6): 1143–205.
 - [5] Mark R. Payne, Afra Egan, Sascha M. M. Fässler, et al. The rise and fall of the NE Atlantic blue whiting (*Micromesistius poutassou*) [J]. Marine Biology Research, 2012, 8(5–6): 475–481.
 - [6] 杨林林. 海洋热数据有助于发现鱼类迁徙的秘密[J]. 渔业信息与战略, 2016, 31(01): 73–74.
 - [7] 孙康, 周晓静, 苏子晓, 等. 中国海洋渔业资源可持续利用的动态评价与空间分异[J]. 地理科学, 2016, 36(08): 1172–1179.
 - [8] 赵淑江, 吕宝强, 李汝伟, 等. 物种灭绝背景下东海渔业资源衰退原因分析[J]. 中国科学: 地球科学, 2015, 45(11): 1628–1640.
- 作者简介: 徐睿泽, 女, 1999–, 主要从事地理信息系统应用研究。